



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Lucas Gabriel Silva de Aguiar

MAPEAMENTO GEOLÓGICO E ANÁLISE LITOFACIOLÓGICA DA FORMAÇÃO RESENDE NA EXTREMIDADE OESTE DA BACIA DE RESENDE (RJ)

Trabalho de Conclusão de Curso
Graduação em Geologia

UFRJ
Rio de Janeiro
2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ)

Lucas Gabriel Silva de Aguiar

MAPEAMENTO GEOLÓGICO E ANÁLISE LITOFACIOLÓGICA DA FORMAÇÃO RESENDE NA EXTREMIDADE OESTE DA BACIA DE RESENDE (RJ)

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, apresentado como
requisito necessário para obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

Orientadores:

Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos (MN/UFRJ)

Prof. Dr. André Pires Negrão (IG/USP)

Rio de Janeiro
Março de 2016

AGUIAR, LUCAS GABRIEL SILVA DE

MAPEAMENTO GEOLÓGICO E ANÁLISE LITOFACIOLÓGICA DA FORMAÇÃO
RESENDE NA EXTREMIDADE OESTE DA BACIA DE RESENDE. Rio de Janeiro, 2016.

xiii il; 75 p. 29,7 cm (Instituto de Geociências – UFRJ)

Monografia (Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro -
UFRJ, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2016.

Orientador: Renato Rodriguez Cabral Ramos

Co-orientador: André Pires Negrão

1. Paleógeno 2. Cenozoico 3. Sistemas Aluviais 4. *Rift* Continental do Sudeste do
Brasileiro 5. Rio de Janeiro

I. IGEO/UFRJ II. Título (Série)

CDD 551.809

Lucas Gabriel Silva de Aguiar

MAPEAMENTO GEOLÓGICO E ANÁLISE LITOFACIOLÓGICA DA FORMAÇÃO RESENDE NA EXTREMIDADE OESTE DA BACIA DE RESENDE (RJ)

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Geologia do Instituto de
Geociências, Universidade Federal do Rio
de Janeiro – UFRJ, apresentado como
requisito necessário para obtenção do grau
de Geólogo.

Orientadores:

Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos (MN/UFRJ)

Prof. Dr. André Pires Negrão (IG/USP)

Aprovada em:

Por:

Orientador: Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos (MN/UFRJ)

Co-orientador: Prof. Dr. André Pires Negrão (IG/USP)

Prof. Adriano Célio Magalhães Sampaio

Geólogo Luis Henrique Sapiensa Almeida

UFRJ
Rio de Janeiro
2016

À minha querida família por todo carinho, lição, conforto e paciência concedidos a mim durante minha jornada.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos, pelos ensinamentos e histórias compartilhadas tanto referentes à geologia quanto à vida, tornando-se não só meu orientador como um prezado amigo durante esses quase quatro anos de convívio.

Ao meu também orientador, o Prof. Dr. André Pires Negrão, por toda ajuda concedida e importantes lições contemporâneas compartilhadas.

Ao Prof. Dr. Claudio Limeira Mello por disponibilizar cartas topográficas importantes para o mapeamento e instruções dadas.

Às Indústrias Nucleares do Brasil (INB) por permitir o acesso a sua área, pelo apoio e por ceder dados preciosos para a conclusão deste estudo. Agradeço especialmente os geólogos Mozart C. Miranda Filho, José Altino Morais Siqueira Campos e Juliano Teive de Oliveira.

Aos meus colegas e amigos por todos os momentos vividos, em especial à Luiz Felipe de Queiroz Ferreira Braga e Natan Soares Santarém, que me ajudaram e participaram de todas as etapas deste trabalho de conclusão de curso, tornando-o mais agradável.

Ao CNPq pelo fornecimento de bolsa PIBIC a qual ajudou para os custos de campo e transporte.

Resumo

Aguiar, L. G. S. **MAPEAMENTO GEOLÓGICO E ANÁLISE LITOFACIOLÓGICA DA FORMAÇÃO RESENDE NA EXTREMIDADE OESTE DA BACIA DE RESENDE (RJ)**. Ano 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Este estudo é direcionado ao mapeamento geológico, na escala de 1:50.000, da extremidade oeste da bacia de Resende, localizada na porção noroeste do estado do Rio de Janeiro. Todavia o foco do trabalho de mapeamento direcionou-se às sucessões cenozoicas, as quais foram identificadas através da descrição e análise de 14 litofácies por seções e perfis estratigráficos, com três consequentes associações de fácies que levaram à interpretação paleoambiental e, finalmente, à denominação das unidades com referência à extensa literatura já apresentada sobre a bacia. Apesar da bacia de Resende apresentar uma coluna estratigráfica com cinco unidades sedimentares distinguíveis, mais a cobertura de sedimentos quaternários, foi possível identificar apenas a Formação Resende na área mapeada, dividida em sua porção *stricto sensu* e o Membro Itatiaia, porém com uma nova abrangência em relação à esta última subunidade. A Formação Resende *stricto sensu* está localizada a oeste do território de mapeamento, dentro da região pertencente às Indústrias Nucleares do Brasil (INB), e pode ser caracterizada pelas sucessões fluviais mais típicas de sua principal correspondente homônima e pode ser correlacionada à Associação de Fácies 1. Esses depósitos são representados como resultado de um abrangente sistema fluvial entrelaçado com fluxos gravitacionais ocasionais, sendo assim caracterizados por sequências com granodecrescência ascendente, marcadas por conglomerados acinzentados com feições trativas, na base, subindo para arenitos arcoseanos amarelados/esverdeados e pelitos esverdeados, no topo. No Eoceno, processos distensivos decorrentes do *Rift* Continental do Sudeste Brasileiro (RCSB) se tornaram mais expressivos na borda continental, formando uma feição de hemi-gráben na borda norte da bacia, a qual originou sistemas de leques isolados de pequeno porte. Os depósitos fanglomeráticos resultantes desses leques aluviais são representados pelo Membro Itatiaia, o qual atribui tal denominação devido ao paleoambiente de origem e predomínio de clastos provenientes das rochas alcalinas do maciço do Itatiaia. É postulado, neste presente estudo, a subdivisão do Membro Itatiaia em Fácies proximal e Fácies mediana a distal, de acordo com a abrangência e diferença litofaciológica de seus depósitos. A primeira é representada pela Associação de fácies 2 e pode ser caracterizada por pacotes conglomeráticos acinzentados, tendendo ao espessamento com predomínio de detritos de rochas alcalinas, intercalados a camadas areníticas esbranquiçadas e pelitos de coloração avermelhada. Já a Fácies mediana a distal do Membro Itatiaia está relacionada à Associação de Fácies 3 e pode ser ligada às porções mais distais desse mesmo sistema de leque aluvial, assumindo um caráter fluvial entrelaçado, com maior presença de depósitos originados por processos trativos; é perceptível o aumento da proporção de finos/grossos, representada pela diminuição da espessura dos pacotes conglomeráticos acinzentados e predomínio de arenitos esbranquiçados com camadas tabulares/lenticulares de pelitos, dispostos em ciclos com granodecrescência ascendente. Além da diferenciação das litofácies encontradas em relação ao Membro Itatiaia, também foram realizadas outras duas importantes observações. A primeira diz respeito ao fato de que os depósitos da Formação Resende *stricto sensu* encontram-se em contato lateral interdigitado com as sequências sedimentares do Membro Itatiaia. Já a segunda observação considera que a proveniência de detritos de rochas metamórficas do embasamento, nos depósitos rudíticos do Membro Itatiaia, sugere proximidade dessa unidade proterozoica com o maciço, porém encoberta por sedimentos quaternários.

Palavras-chave: Paleógeno; Cenozoico; Sistemas Aluviais; *Rift* Continental do Sudeste Brasileiro; Rio de Janeiro.

Abstract

Aguiar, L. G. S. **GEOLOGICAL MAPPING AND LITHOFACIOLOGICAL ANALYSIS OF THE RESENDE FORMATION AT THE WESTERN EXTREMITY OF RESENDE BASIN (RJ)**. Year 2016. Final Course Assignment (Bachelor of Science, Geology) – Geology Department, Institute of Geosciences, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

This study is directed to the geological mapping, in a 1:50.000 scale, of the western extremity of Resende basin, located in the northwestern part of Rio de Janeiro state. However the focus of this mapping work was directed to the cenozoic successions, which were identified throughout the description and analysis of 14 lithofacies by stratigraphic sections and logs, with three consequents facies associations that led to the palaeoambiental interpretation and, finally, to the nomination of the units with reference to the extense literature already presented about the basin. Although the Resende basin presents a stratigraphic column with five distinguishable sedimentary units, plus the quaternary sediments cover, it was possible to identify just the Resende Formation in the mapped area, divided into its *stricto sensu* part and Itatiaia Member, however with a new scope in relation to this last sub-unit. The Resende Formation *stricto sensu* is located in the western part of the mapped territory, at the area of the Indústrias Nucleares do Brasil (INB), and can be characterized by the most typical fluvial successions of its principal homonym correspondent and can be correlated to the Facies Association 1. These deposits are represented as a result of a comprehensive braided fluvial system with occasional gravity flows, therefore characterized by sequences with fining upward cycles, marked by grayish conglomerates with trative features, at the base, going up to yellowish/greenish feldspatic sandstones and greenish pelites, at the top. In the Eocene, extensional processes originated due the Continental Rift of Southeastern Brazil have become more expressive on the continental border, forming a hemigraben feature along the north border of the basin, which originated a system of small isolated fans. The fanglomeratic deposits resulting from these alluvial fans are represented by the Itatiaia Member, which have gotten such nomination due the original palaeoenviroment and predominance of clasts from the alkaline rocks of the Itatiaia massif. It is postulated, in this study, the subdivision of the Itatiaia Member in proximal Facies and median to distal Facies, according to the lithofaciologic scope and difference of these deposits. The first one is represented by the Facies Association 2 and can be characterized by these grayish conglomeratic packages, tending to thickening, with predominance of alkaline rocks debris, interleaved with whitish arenitic layers and reddish pelites. However the median to distal Facies is related to the Facies Association 3 and may be connected to the distal portion of this same alluvial fan system, assuming a braided fluvial character, with more presence of deposits originated by trative processes; it is noticeable the increase of the fine/coarse proportion, represented by the decrease of the thickness of the grayish conglomeratic packages and predominance of whitish sandstones with tabular/lenticular layers of pelites, arranged in fining upward cycles. Besides the differentiation of the lithofacies found in relation to the Itatiaia Member, another two important observations were realized. The first one concerns the fact that the Resende Formation *stricto sensu* deposits are found in interdigitated side contact with the sedimentary sequences of the Itatiaia Member. However the second observation considers that the debris provenance of the metamorphic basement rocks, on the ruditic deposits of the Itatiaia Member, suggests proximity with this proterozoic unit and the massif, although covered by the quaternary sediments.

Keywords: Paleogene; Cenozoic; Alluvial Systems; Continental Rift of Southeastern Brazil; Rio de Janeiro.

LISTA DE FIGURAS:

Figura 1: Localização da bacia de Resende dentro do estado do Rio de Janeiro – Brasil. Imagem adaptada do software Google Earth™ - acessado em 10/10/2015.....	3
Figura 2: Visualização do contorno da bacia sedimentar de Resende com indicação das principais vias de acesso. Imagem adaptada do software Google Earth™ - acessado em 10/10/2015. Detalhe para a área de mapeamento em destaque (vermelho).....	4
Figura 3: Área destinada ao mapeamento demarcada pelo polígono vermelho e representação dos principais centros urbanos dentro da mesma. Imagem adaptada do software Google Earth™ - acessado em 06/04/2015.....	5
Figura 4: Tipos característicos de vegetação encontrados na área de estudo por Alonso (1997). (a) Tipo de vegetação Campo visualizada dentro da área militar da AMAN em Resende. (b) Tipo de vegetação Floresta Subcaducifolia Tropical encontrada próxima a subida para o Parque Nacional do Itatiaia.....	6
Figura 5: Segmento central da Faixa Ribeira onde é possível identificar a localização da bacia de Resende e associá-la ao contexto geológico regional. Imagem retirada e modificada da página online www.brasilviajsturismo.com/geologia/ribeira-mapa-n.htm - acessado em 07/12/2015.....	7
Figura 6: Seção geológica esquemática ilustrando as feições de hemi-grábens formadas a partir dos movimentos extensionais relativos à evolução da margem passiva, com detalhe para o escalonamento e basculamento de blocos (Asmus & Ferrari, 1978).....	8
Figura 7: Mapa geológico do maciço alcalino do Itatiaia segundo Ribeiro Filho (1967).....	9
Figura 8: Coluna litoestratigráfica do Rift Continental do Sudeste do Brasil e fases tectônicas reconhecidas (Riccomini <i>et al.</i> , 2004).....	11
Figura 9: Mapa geológico da bacia de Resende e sua respectiva Carta Estratigráfica, evidenciando a configuração atual aceita (Ramos, 2003).....	13
Figura 10: Mapa geológico da área de estudo com indicação da relação entre as unidades litoestratigráficas e as cotas topográficas da região.....	23
Figura 11: Mapa geológico da área de estudo com indicação da relação entre as unidades litoestratigráficas e sobreposição do Modelo Digital de Elevação.....	24
Figura 12: Mapa hipsométrico da área de estudo com Modelo Digital de Elevação sobreposto e evidênciação das classes altimétricas.....	25
Figura 13: Mapa geológico com indicação dos pontos descritos durante a etapa de mapeamento.....	26
Figura 14: Litofácies Cmm1 apresentando clastos subangulosos a subarredondados, em contato erosivo com litofácies arenítica na base. Ponto próximo a Ferrovia do Aço, localizado na estrada de terra para a Fazenda Aleluia, à nordeste do município de Itatiaia (Ponto 7).....	30
Figura 15: Litofácies Cmm2 identificada no testemunho de sondagem SR-03, com localização dentro da região pertencente à INB, entre o Reservatório do Funil e a Ferrovia do Aço. Escala de 20 cm, aproximadamente.....	31
Figura 16: Conglomerado polimítico maciço sustentado por clastos subangulosos a angulosos (Ccm1). Voçoroca na Fazenda Boa Esperança, município de Itatiaia, no sopé do maciço alcalino do Itatiaia (Ponto 10).....	33

- Figura 17:** Pacote sedimentar esbranquiçado evidenciando a litofácies Am. Ponto próximo a Ferrovia do Aço, localizado na estrada de terra para a Fazenda Aleluia, à nordeste do município de Itatiaia (Ponto 7).....37
- Figura 18:** Arenito amarelado com estratificação horizontal incipiente (Ah) identificado entre duas camadas pelíticas avermelhadas. Área da INB, na borda oeste do Reservatório do Funil, próximo a barragem de Nhangapi (Ponto 22).....39
- Figura 19:** Pelito maciço (Pm) avermelhado com feições de ressecamento. Ponto próximo a Ferrovia do Aço, localizado na estrada de terra para a Fazenda Aleluia, à nordeste do município de Itatiaia (Ponto 7).....41
- Figura 20:** Pacote sedimentar representado pela litofácies LAm, indicando um lamito arenoso maciço. Ponto localizado em drenagem próxima a BR-485, à norte da Ferrovia do Aço, município de Itatiaia (Ponto 19).....43
- Figura 21:** Descrição litofaciológica do furo de poço SR-07, localizado na área pertencente à INB. Coordenadas UTM: 0536080/7510385. A base desta sucessão é representada pelo embasamento proterozoico e pela litofácies Cmm2, que na verdade integra a Associação de Fácies 2, aparecendo neste testemunho devido à interdigitação dos depósitos.....44
- Figura 22:** Modelo deposicional semelhante ao sistema fluvial entrelaçado com ocasionais fluxos gravitacionais interpretados no estudo (Miall, 1996). Legenda: SB = barra arenosa; GB = leito de cascalho; SG = fluxo gravitacional.....45
- Figura 23:** Compilação entre o furo SR-06 e perfil estratigráfico posicionado logo ao lado. Com destaque para o dique de fonolito, na base, e pacote sedimentar quaternário, no topo. Coordenadas UTM: 0535832/7511068.....47
- Figura 24:** Perfil estratigráfico do testemunho do poço SR-04, na região da INB, com destaque para espessura dos pacotes sedimentares e distinta composição mineralógica dos clastos. Estes pacotes estão posicionados sob as sucessões da AF1. Coordenadas UTM: 0535910/7511617.....48
- Figura 25:** Diagrama esquemático evidenciando a mudança de feição a partir do ponto de interseção de um leque aluvial (Hooke, 1967).....49
- Figura 26:** Perfil estratigráfico de depósito proximal de leque aluvial, evidenciando a presença de clastos de rochas do maciço alcalino e do embasamento. Coordenadas UTM: 0545987/7515310 (Ponto 10).....50
- Figura 27:** Seção tipo do porção proximal do Membro Itatiaia da Formação Resende com sua perfil correspondente. É notável a predominância de litofácies rudíticas em relação às areníticas e pelíticas. Coordenadas UTM: 0543706/7513189 (Ponto 1).....52
- Figura 28:** Diagrama evidenciando as diferentes partes de um leque aluvial (Blair & McPherson, 1994).....54
- Figura 29:** Seção e perfil representando feições típicas da Associação de fácies 3, com destaque para as lentes areníticas dentro das sucessões sedimentares. Coordenadas UTM: 0544839/7513997 (Ponto 18).....55
- Figura 30:** Antiga pedreira localizada em um dos pontos mais altos da área pertencente à INB. Coordenadas UTM: 0534944/ 7509375 (Ponto 21). **a)** Lente de quartzito de orientação ENE-WSW. **b)** Migmatito com foliação evidente; Sn: 326°/79°.....58
- Figura 31:** A imagem aponta um padrão comum de grande quantidade de blocos soltos e de tamanhos expressivos sobre drenagens próximo a subida para maciço alcalino do Itatiaia (Ponto 27).....59
- Figura 32:** Exemplo de nefelina-sienito com feição interna fresca presente na região.....60

- Figura 33:** Perfil estratigráfico confeccionado em visão ao talude do Reservatório do Funil, na INB (Ponto 32). Trate-se da representação da Formação Resende stricto sensu, porém com destaque para o embasamento proterozoico e estrato rudítico do Membro Itatiaia, na base.....62
- Figura 34:** Perfil estratigráfico do testemunho retirado do poço SR-03, na INB, com destaque para o espessamento das camadas e tamanho dos clastos. Coordenadas UTM: 0537475/7511508.....64
- Figura 35:** Perfil estratigráfico de uma feição mais distal de um sistema de leque aluvial, apresentando imbricação de clastos, sugerindo feições mais trativas. Coordenadas UTM: 0544859/7514016 (Ponto 19).....66
- Figura 36:** Afloramento representado pela porção mediana a distal do Membro Itatiaia da Formação Resende, com perfis esquemáticos representativos indicando feições mais trativas. Coordenadas UTM: 0545098/7513927 (Ponto 7).....67
- Figura 37:** Sedimentos quaternários inconsolidados sobre o talude do Reservatório do Funil, na INB.....68
- Figura 38:** Perfil estratigráfico característico da Formação Resende stricto sensu, com detalhe para um pacote sedimentar quaternário consolidado, no topo, ainda com representação de estratificação horizontal. Coordenadas UTM: 0535650/7511316 (Ponto 22).....69
- Figura 39:** Seção geológico situada a oeste da área de mapeamento, enumerando a maioria das unidades litoestratigráficas da região e evidenciando a interdigitação entre a Formação Resende stricto sensu e o Membro Itatiaia – Fácies Proximal, com detalhe para o dique de origem alcalina sob os depósitos cenozoicos.....72

LISTA DE QUADROS:

Quadro 1: Registro das principais revisões estratigráficas da bacia de Resende para análise da evolução e mudanças de nomenclatura. Adaptado de Ramos et al. (2006).....	16
Quadro 2: Quadro de granulometria de Blair & McPherson (1999) adaptada da famosa escala de Udden-Wentworth (1922).....	20
Quadro 3: Sumário das litofácies identificadas na área de mapeamento.....	27

SUMÁRIO:

	Pág.
AGRADECIMENTOS.....	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	xi
SUMÁRIO.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
3. ASPECTOS GERAIS DA ÁREA.....	2
3.1. Localização e Acesso.....	2
3.2. Clima e Vegetação.....	5
3.3. Contexto Geológico Regional.....	6
3.4. Estratigrafia da Área.....	10
4. METODOLOGIA.....	16
4.1. Etapa Pré-Campo.....	16
4.2. Etapa de Campo.....	17
4.2.1. Mapeamento geológico.....	17
4.2.2. Análise litofaciológica.....	18
4.3. Etapa pós-campo.....	21
5. RESULTADOS.....	22
5.1. Mapas Geológicos da Extremidade Oeste da Bacia de Resende.....	22
5.2. Fácies Sedimentares.....	27
5.2.1. Litofácies Rudíticas.....	29
5.2.1.1. <i>Cmm1 (Conglomerado maciço sustentado por matriz arenosa)</i>	29
5.2.1.2. <i>Cmm2 (Conglomerado maciço sustentado por matriz lamosa)</i>	31
5.2.1.3. <i>Ccm1 (Conglomerado maciço sustentado por clastos subangulosos a angulosos)</i>	32

5.2.1.4. <i>Ccm2 (Conglomerado maciço sustentado por clastos subarredondados a arredondados)</i>	33
5.2.1.5. <i>Cg (Conglomerado gradado)</i>	34
5.2.1.6. <i>Ch (Conglomerado com estratificação horizontal)</i>	35
5.2.1.7. <i>Ca (Conglomerado com estratificação cruzada acanalada)</i>	35
5.2.2. Litofácies Areníticas.....	36
5.2.2.1. <i>Am (Arenito maciço)</i>	36
5.2.2.2. <i>Ag (Arenito gradado)</i>	38
5.2.2.3. <i>Ah (Arenito com estratificação horizontal)</i>	38
5.2.2.4. <i>Aa (Arenito com estratificação cruzada acanalada)</i>	39
5.2.3. Litofácies Pelíticas.....	40
5.2.3.1. <i>Pm (Pelito maciço)</i>	40
5.2.3.2. <i>Pl (Pelito laminado)</i>	41
5.2.3.3. <i>LAm (Lamito Arenoso maciço)</i>	42
5.3. Associação de Fácies e Sistemas Depositionais.....	43
5.3.1. Sistema fluvial entrelaçado com fluxos gravitacionais (Associação de Fácies 1).....	43
5.3.2. Porção proximal de leques aluviais (Associação de fácies 2).....	48
5.3.3. Canais entrelaçados do sistema de leques aluviais (Associação de fácies 3).....	53
5.4. Geologia da Área.....	56
5.4.1. Embasamento cristalino.....	56
5.4.2. Rochas alcalinas.....	58
5.4.3. Formação Resende.....	61
5.3.3.1. <i>Formação Resende stricto sensu</i>	61
5.3.3.2. <i>Membro Itatiaia – Fácies proximal</i>	63
5.3.3.3. <i>Membro Itatiaia – Fácies mediana a distal</i>	65
5.4.4. Sedimentos quaternários.....	68
6. CONCLUSÕES.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

1. INTRODUÇÃO:

A bacia sedimentar de Resende, parte do segmento central da Faixa Ribeira, vem sendo alvo de importantes estudos durante as últimas décadas, os quais contribuíram para o melhor entendimento de sua formação e contextualização com a geologia regional. Juntamente com as bacias de Taubaté, de Volta Redonda e de São Paulo, a bacia de Resende tem origem associada ao *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB – Riccomini, 1989), o qual ocorreu devido à evolução do estado de *drift* da margem passiva oceânica durante o Cretáceo Superior e o Paleoceno (Almeida, 1976; Asmus & Ferrari, 1978).

Este sistema de *rift* ocasionou o estiramento da crosta e consequentes falhamentos expressivos por toda a borda continental. No caso da bacia de Resende, o falhamento de blocos, de modo escalonado, originou feições de hemi-gráben, marcado pelo pico da Serra da Mantiqueira e gráben Paraíba do Sul (Asmus & Ferrari, 1978). Essa estruturação de blocos falhados teve importante desempenho, não só por representar o “início” da maior fase de aporte sedimentar, mas também por inserir feições importantes para o desenvolvimento de sistemas deposicionais aluviais e fluviais na região.

Durante o desenvolvimento deste estudo, será evidenciado que a área de mapeamento, localizada na extremidade oeste da bacia sedimentar de Resende, inclui como sucessão sedimentar paleogênica/neogênica mapeável apenas a Formação Resende, dividida em subunidades, que serão detalhadas na sequência. Será realizada uma revisão do mapa geológico da área com relação aos principais estudos já postulados sobre a referida bacia.

2. OBJETIVOS:

Esse trabalho possui os seguintes objetivos:

- Mapeamento geológico na escala de 1:50.000 das sucessões sedimentares cenozoicas da extremidade oeste da bacia de Resende, bem como do contato desta bacia com seu embasamento;
- Descrição e caracterização das fácies sedimentares identificadas, além de interpretações para determinar ambientes e processos de formação, através de suas associações;

3. ASPECTOS GERAIS DA ÁREA:

3.1. Localização e Acesso:

A bacia de Resende está localizada na extremidade ocidental do estado do Rio de Janeiro, posicionada a aproximadamente 1,4 km do limite com o estado de São Paulo a oeste e a 12 km do limite entre Rio de Janeiro e Minas Gerais a norte (Figura 1). Com orientação geral N75°E, a bacia possui cerca de 47 km de comprimento e largura média de 4,5 km, constituindo uma área que engloba os municípios de Engenheiro Passos, Itatiaia, Penedo, Resende, Floriano, Porto Real e Quatis. A área preenchida por rochas sedimentares e coberturas holocênicas é calculada em, aproximadamente, 240 km² (Ramos, 2003) e a espessura total das unidades sedimentares atinge valores de até 550 m, calculados através de levantamento gravimétrico realizado por Escobar (1999).

O modo mais fácil de acessar a bacia de Resende é através da Rodovia Presidente Dutra (BR-116), que corta quase toda a região da bacia ao longo de seu eixo principal (Figura 2). A cidade de Itatiaia, a mais próxima da área de estudo, situa-se a 178 km da cidade do Rio de Janeiro pela Via Dutra, perfazendo um trajeto com duração de cerca de 2 horas e 30 minutos.



Figura 1: Localização da bacia de Resende dentro do estado do Rio de Janeiro. Imagem adaptada do software Google Earth™ - acessado em 10/10/2015.

O mapeamento se restringiu à uma determinada área situada na porção oeste da bacia (Figura 3), demarcada por quatro vértices de coordenadas geográficas, com suas respectivas latitudes e longitudes: A1 ($22^{\circ}27'26.89''S$; $44^{\circ}40'1.35''O$), A2 ($22^{\circ}27'25.93''S$; $44^{\circ}33'19.01''O$), A3 ($22^{\circ}31'46.10''S$; $44^{\circ}33'18.18''O$) e A4 ($22^{\circ}31'47.07''S$; $44^{\circ}40'0.73''O$). A área estudada abrange os municípios de Itatiaia e Engenheiro Passos, ao norte, e região próxima à localidade de Pirangaí, a sul. Como vias mais acessadas, destacam-se a Rodovia Presidente Dutra, como dito anteriormente, além das suas ligações com a BR-485 (Itatiaia) e com o início da BR-354 (Engenheiro Passos).

Em relação à Geomorfologia, destaca-se o relevo de morros, ao redor do Reservatório do Funil com cotas entre 500 e 635 m. A parte central da área de estudo apresenta relevo mais suave, de colinas suaves com altitudes em torno de 400 m, abrangendo os centros

urbanos e o trajeto da Via Dutra e da ferrovia. Ao norte, o relevo torna-se bem mais acentuado nos contrafortes e vertentes do maciço do Itatiaia, onde as cotas atingem altitudes acima de 600 m, tendo como ponto culminante o Pico das Agulhas Negras, com de 2.791 m de altitude.

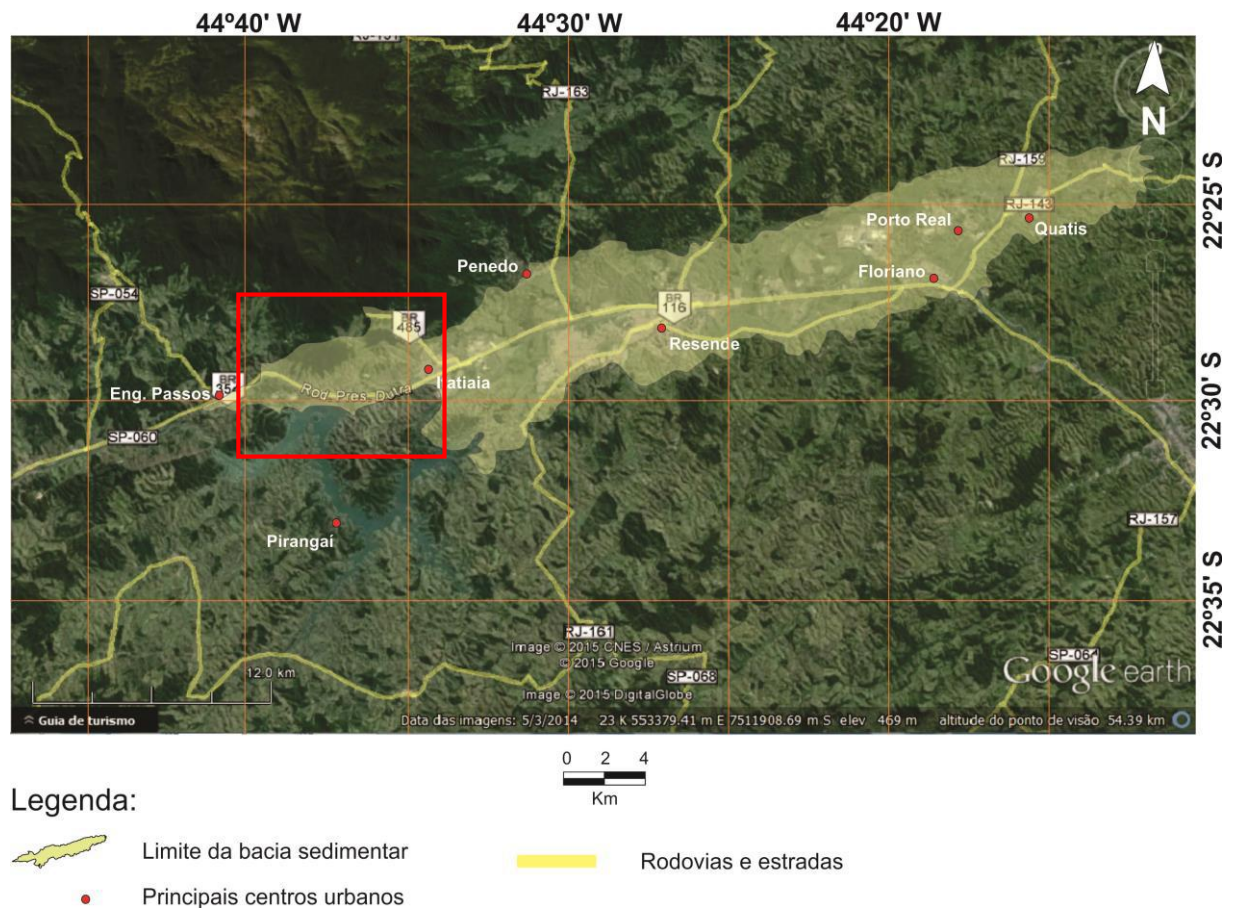


Figura 2: Visualização do contorno da bacia sedimentar de Resende com indicação das principais vias de acesso. Imagem adaptada do software Google Earth™ - acessado em 10/10/2015. Detalhe para a área de mapeamento em destaque (vermelho).

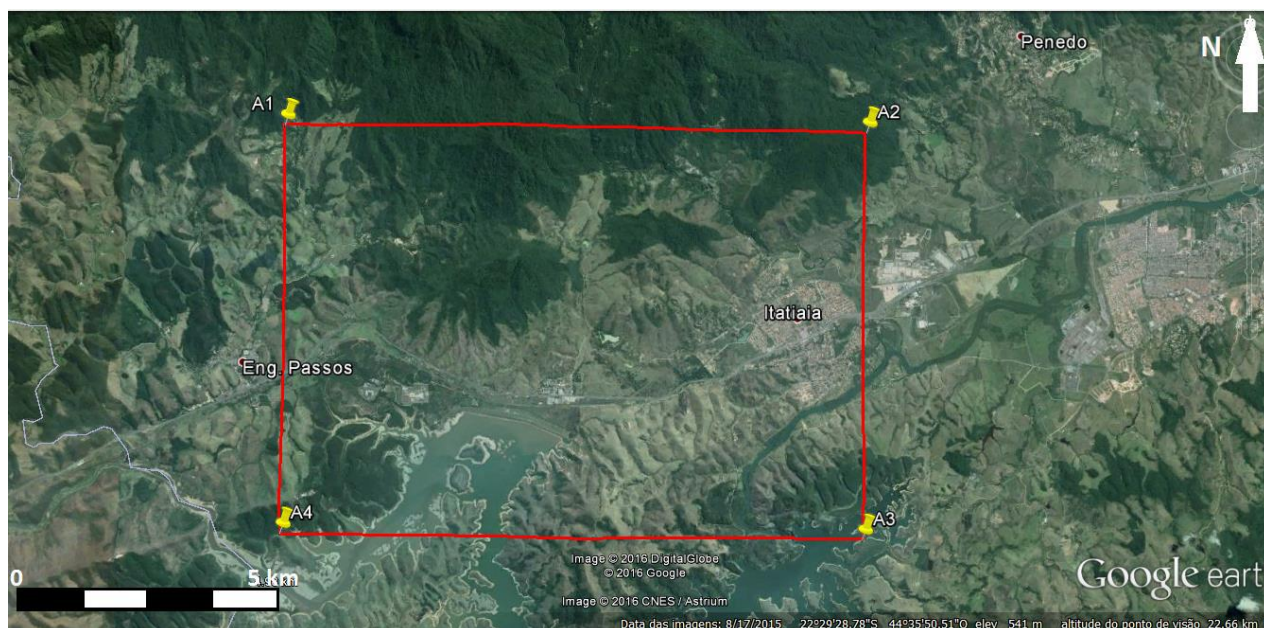


Figura 3: Área destinada ao mapeamento demarcada pelo polígono vermelho e representação dos principais centros urbanos dentro da mesma. Imagem adaptada do software Google Earth™ - acessado em 06/04/2015.

3.2. Clima e Vegetação:

Segundo Nimer *et al.* (1971 *apud* Ramos, 2003), a região dos municípios de Resende e Itatiaia é caracterizada por um clima mesotérmico, pela classificação de *Köppen*, ou seja, verões com chuvas moderadas a intensas e temperaturas elevadas, com médias de 24°C. Por outro lado, o inverno pode ser bem seco e muito frio (média de 17,2°C) devido à queda na temperatura e pluviosidade, ocorrendo geadas ocasionais especialmente nas regiões de elevada altitude como na região do Parque Nacional do Itatiaia.

Em relação à vegetação, a predominância na área se deve a tipos vegetais rasteiros. De um modo mais formal, pode subdividir-se a vegetação em 2 principais tipos, conforme Alonso (1997 *apud* Ramos, 2003): *Campo* e *Floresta Subcaducifolia Tropical* (Figura 4). O primeiro tipo é caracterizado por gramíneas e arbustos de pequeno porte, e se estendem por toda a área de estudo. Já o tipo *Floresta Subcaducifolia Tropical* se restringe às escarpas da região serrana e às bordas das bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. É importante ressaltar a destruição de vegetação e a degradação do relevo devido à ação antrópica, que pode ser exemplificada pela implantação de aterros sanitários, lixões, feições erosivas, terraplenagens para uso industrial e zonas urbanas desordenadas.



Figura 4: Tipos característicos de vegetação encontrados na área de estudo por Alonso (1997). **(a)** Tipo de vegetação Campo visualizada dentro da área militar da AMAN em Resende. **(b)** Tipo de vegetação Floresta Subcaducifolia Tropical encontrada próxima a subida para o Parque Nacional do Itatiaia.

3.3. Contexto Geológico Regional:

A bacia de Resende, localizada na extremidade oeste do estado do Rio de Janeiro, está incluída na porção central da unidade geotectônica denominada Faixa Ribeira ou Cinturão Móvel Ribeira (Figura 5), sendo esta caracterizada por rochas proterozoicas deformadas e metamorfozadas durante a orogênese Brasileira (Cordani *et al.*, 1973; Hasui *et al.*, 1975 *apud* Ramos, 2003). Com comprimento aproximado de 1.500 km e estendendo-se por Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Sul da Bahia, a Faixa Ribeira apresenta *trend* estrutural orientado como NNE-SSW e NE-SW, coerente regionalmente com o Sistema Transcorrente Paraíba do Sul (Hasui, 2010).

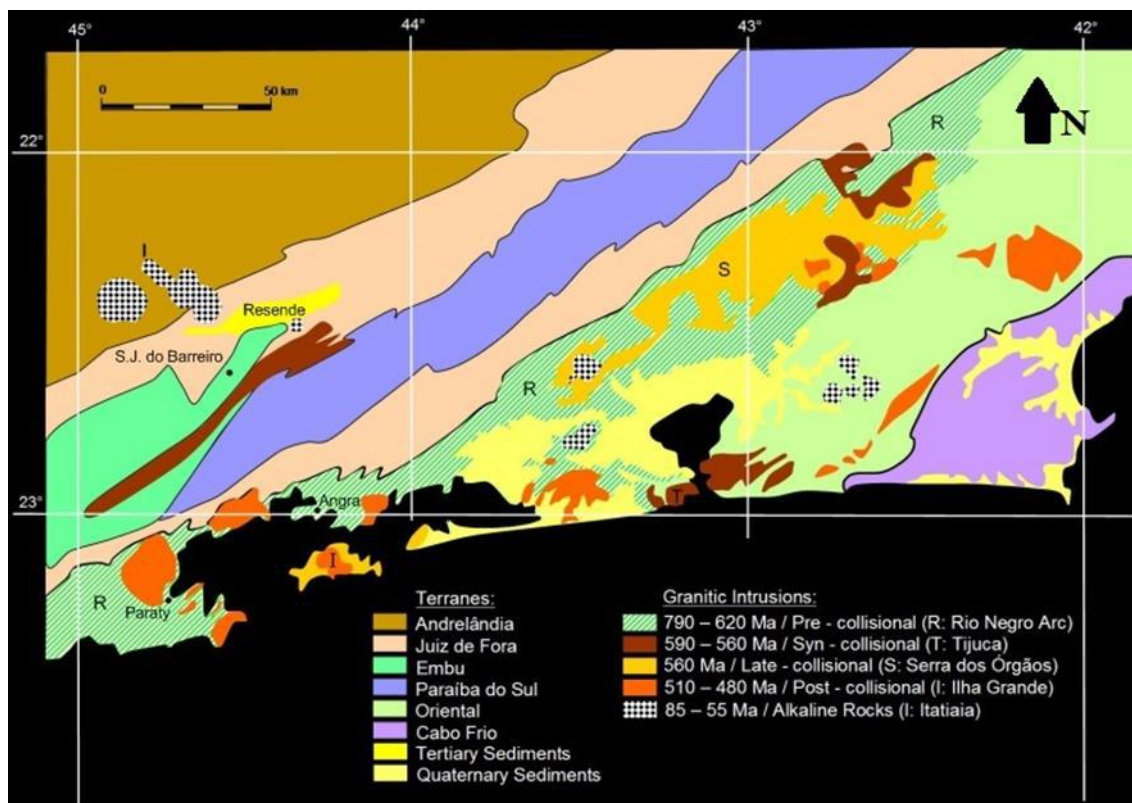


Figura 5: Segmento central da Faixa Ribeira onde é possível identificar a localização da bacia de Resende e associá-la ao contexto geológico regional. Imagem retirada e modificada da página online www.brasilviajaturismo.com/geologia/ribeira-mapa-n.htm - acessado em 07/12/2015.

Assim como as bacias de Taubaté, São Paulo e Volta Redonda, a bacia de Resende constitui uma parte do segmento central do *Rift Continental do Sudeste do Brasil* (RCSB – Riccomini, 1989), anteriormente denominado de “Sistema de *Rifts* da Serra do Mar” por Almeida (1976). Este é interpretado como uma feição geotectônica deprimida com aproximadamente 900 km entre o Paraná e o Rio de Janeiro (Riccomini *et al.*, 2004). Acredita-se que a gênese do RCSB, durante o Paleoceno-Eoceno, esteja relacionada à evolução de margem oceânica e resultante abertura do oceano Atlântico. Através de mecanismos de afinamento crustal e sincrônico ao acúmulo sedimentar na bacia de Santos, durante o final do Cretáceo e início do Paleógeno, produziu-se um desequilíbrio isostático entre as áreas continental e oceânica (Almeida, 1976; Asmus & Ferrari, 1978). Consequentemente, esses progressivos movimentos distensivos gerados pela evolução de margem passiva causaram a reativação de uma série de zonas de cisalhamento proterozoicas com direção ENE-WSW. Formaram-se então feições de hemi-grábens, como mostrado na figura 6, que influenciaram

os ambientes deposicionais e processos atuantes na bacia, gerando, por exemplo, depósitos sedimentares oriundos de leques aluviais isolados da principal borda de falha a noroeste da bacia, os quais serão retratados com maior destaque neste estudo.

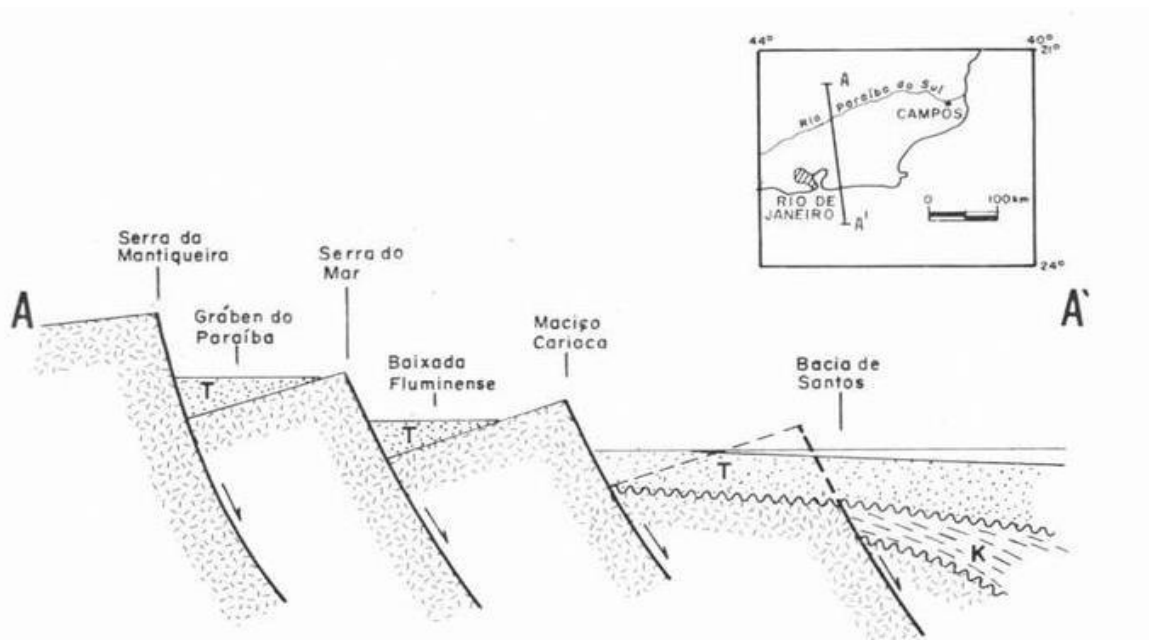


Figura 6: Seção geológica esquemática ilustrando as feições de hemi-grábens formadas a partir dos movimentos distensivos relativos à evolução da margem passiva, com detalhe para o escalonamento e basculamento de blocos (Asmus & Ferrari, 1978).

Na porção central da bacia, encontra-se a soleira de Resende, um alto estrutural, produto da consistente atuação de falhas transversais durante o evento tectônico distensivo que culminou na formação do hemi-gráben no Paleógeno. Já os limites oeste e leste da bacia são marcados pela presença dos altos estruturais de Queluz e Floriano, respectivamente. Métodos geofísicos como gravimetria e eletrorresistividade, além da observação de poços profundos, indicam a presença de um importante depocentro a oeste da soleira de Resende com profundidade aproximada de 300 m, enquanto que a leste da mesma observa-se outro depocentro com profundidade estimada entre 300 e 500 m (Escobar, 1999; Ramos *et al.*, 2005).

O embasamento da bacia de Resende possui orientação NE-SW, caracterizado por diferentes litotipos de metamorfitos de idade proterozoica. Rochas como granitóides, gnaisses milonitizados, ortognaisses e granulitos são encontradas mais à norte da bacia,

enquanto ao sul é notável a predominância de migmatitos, xistos, biotita-gnaisses e granitoides (Ramos *et al.*, 2005).

Já os maciços do Itatiaia e do Morro Redondo, com cotas máximas de 2.787 m e 838 m, respectivamente, são caracterizados por rochas intrusivas alcalinas de idade cretácea com composição predominantemente sienítica e com rochas vulcânicas traquíticas/fonolíticas (Ribeiro Filho, 1967; Valença *et al.*, 1983). O maciço do Itatiaia, adjacente à área de mapeamento, contribuiu significativamente com seus detritos para o preenchimento daquele setor da bacia de Resende. Segundo Ribeiro Filho (1967), as rochas alcalinas do Itatiaia apresentam grande diversificação quanto à variabilidade dos tipos petrográficos, sendo encontrados: sienitos, nefelina sienitos, sodalita-nefelina sienitos, aergerina sienitos, quartzo sienitos, foiaitos, brechas e granito alcalino. Da área total de 221 km², 190 km² correspondem a sienitos e foiaitos; 10 km² a brechas e 21 km² a quartzo sienitos (Figura 7). Dos bordos para o centro do maciço, nota-se um enriquecimento progressivo da sílica, indo-se desde nefelina sienitos até granito alcalino, passando pelos tipos intermediários.

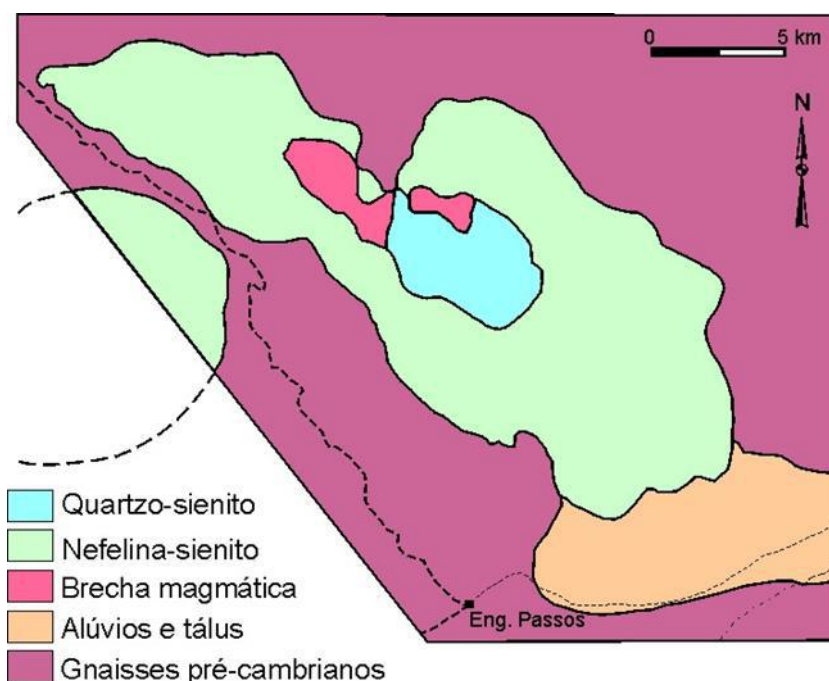


Figura 7: Mapa geológico do maciço alcalino do Itatiaia segundo Ribeiro Filho (1967).

3.4. Estratigrafia da Área de Estudo:

Amador (1975) foi o responsável pelas primeiras interpretações formais relacionadas à bacia de Resende, apresentando então interpretações fundamentais quanto aos aspectos paleodeposicionais e paleoclimáticos. A Formação Resende, formalizada por este autor, é composta por camadas de conglomerados, arenitos arcoseanos e lamitos de cor esverdeada, relacionadas a um sistema fluvial entrelaçado associado a um sistema de leques aluviais (Membro Rudáceo da Formação Resende) restrito à extremidade noroeste da bacia, onde se encontra o maciço do Itatiaia. Já a unidade estratigráfica superior foi denominada Formação Floriano, constituída por arenitos arcoseanos com estratificações cruzadas e camadas de lama avermelhadas depositados associados a um sistema fluvial meandrante. Assim como na Formação Resende, foi dada a denominação Membro Rudáceo da Formação Floriano e formalizada em evidência aos depósitos de leque aluvial na estrada para o Parque Nacional do Itatiaia.

A revisão estratigráfica da bacia elaborada por Melo *et al.* (1985) aboliu a denominação Formação Floriano, enfatizando que os depósitos sedimentares desta unidade representariam tão somente a porção superficial da Formação Resende alterada por processos intempéricos ou apenas diferenciada por variação de fácies dentro de um mesmo sistema deposicional. Já a denominação à Formação Resende foi mantida e novamente separada informalmente em fácies rudácea (depósitos rudíticos ora polimíticos intercalados com camadas lamosas ou arenosas) e fácies fluvial (sequência variando gradacionalmente de conglomerados na base até material argilo-arenoso no topo). Não antes citada, a denominação de Formação Bulhões por Amador *et al.* (1978), para os depósitos pleistocênicos da bacia, não foi aproveitada devido ao termo homônimo já utilizado para a descrição das rochas metamórficas proterozoicas do estado do Rio de Janeiro.

Riccomini (1989) em uma nova revisão estratigráfica, voltou a dividir a estratigrafia da bacia de Resende em duas unidades - Formação Resende e Formação São Paulo - as quais somadas à Formação Tremembé - exclusiva da bacia de Taubaté - constituiriam o Grupo Taubaté (Figura 8). Para a Formação Resende, foi atribuído um sistema de leques aluviais associados à planície aluvial de canais entrelaçados. Já a Formação São Paulo foi interpretada

como tendo sua gênese associada a um sistema fluvial meandrante e restrita aos municípios de Floriano e Quatis, parte leste da bacia.

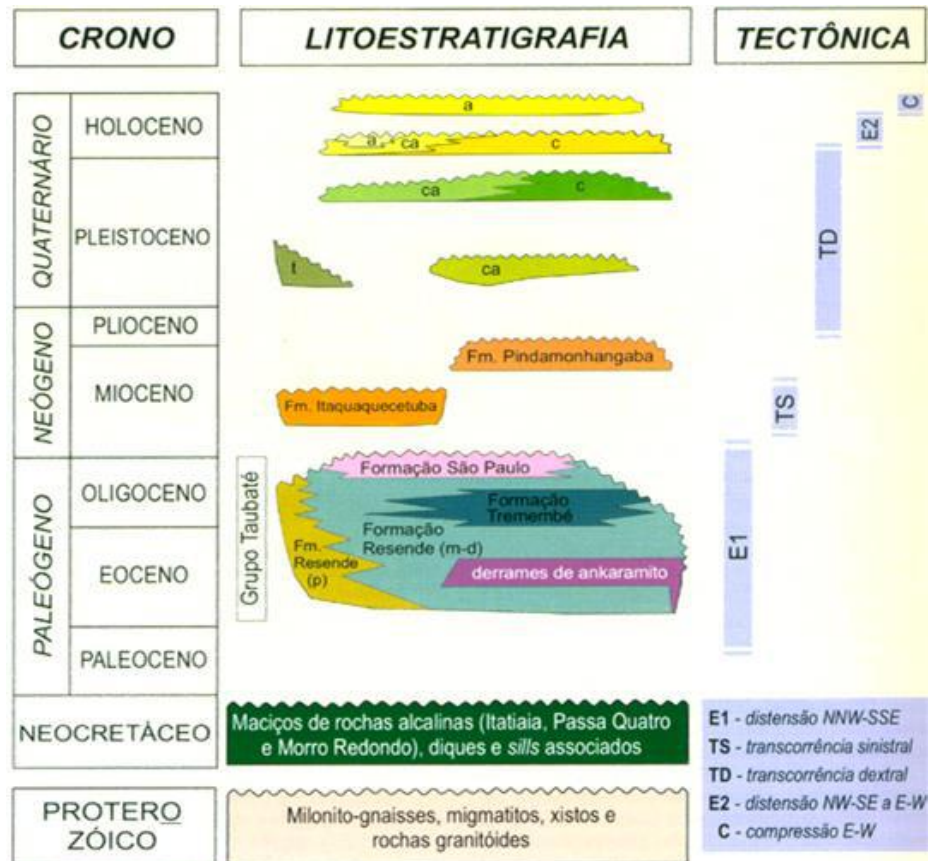


Figura 8: Coluna litoestratigráfica do Rift Continental do Sudeste do Brasil e fases tectônicas reconhecidas (Riccomini *et al.*, 2004).

A evidência para a real importância dos depósitos rudáceos na bacia passou a ser destacada por Lima & Melo (1994), Garcia *et al.* (1996) e Melo (1997) que propuseram a denominação Formação Itatiaia aos depósitos fanglomeráticos referentes aos leques aluviais provenientes do maciço do Itatiaia. Já a nomenclatura Formação Resende passou a ser restrita apenas aos arenitos arcoseanos e lamitos verdes, porém com a mesma interpretação ambiental de um sistema de rios entrelaçados.

A partir de uma nova revisão estratigráfica, Ramos (1997) caracterizou três unidades diferentes evidenciadas a partir da confecção de perfis colunares e mapeamento geológico. A unidade mais antiga foi denominada Formação Quatis, a qual indicava discordância com o

embasamento proterozoico; essa foi caracterizada contendo gradação normal, onde conglomerados maciços a grosseiramente estratificados compunham a base da unidade, que tornava-se mais arenosa em direção ao topo, apresentando ocasionalmente estratificação cruzada e intraclastos de argila. Acima, reeditando interpretações similares de revisões anteriores, encontra-se a consagrada Formação Resende, a qual foi detalhada abrangendo dois tipos distintos de fácies: uma marginal e uma axial – para depósitos fanglomeráticos e para depósitos fluviais, respectivamente. A Formação Itatiaia continuou caracterizando os depósitos de leques aluviais (ruditos, lamitos arenosos e argilitos), porém agora abrangendo tanto os fanglomerados ao sopé do maciço do Itatiaia quanto os do maciço do Morro Redondo, ambos apresentando predominância de clastos de rochas alcalinas.

O mapeamento geológico realizado por Ramos (2003) praticamente configurou o atual conhecimento e as nomenclaturas dadas às unidades da bacia de Resende (Figura 9). A unidade mais antiga, é caracterizada por conglomerados de alta maturidade textural e composicional na base e aumento de arenitos quartzosos/arcoseanos com escassas lentes pelíticas para o topo. Teve sua interpretação relacionada a um sistema fluvial de canais entrelaçados efêmeros e de alta energia, implantados antes do evento de reativação do sistema de falhamentos de direção ENE-WSW, que gerariam posteriormente a depressão tectônica da bacia de Resende. Apesar de mantida a mesma designação, a Formação Resende passou a ser subdividida em Membro Itatiaia, para os depósitos sedimentares associados aos leques aluviais referentes aos maciços alcalinos, e em Membro Acácias, para os depósitos formados por um sistema fluvial entrelaçado axial. No topo de toda a sequência estratigráfica, retoma-se a denominação Formação Floriano em evidência aos depósitos sedimentares arenosos e argilosos interpretados como resultado de um sistema fluvial meandrante.

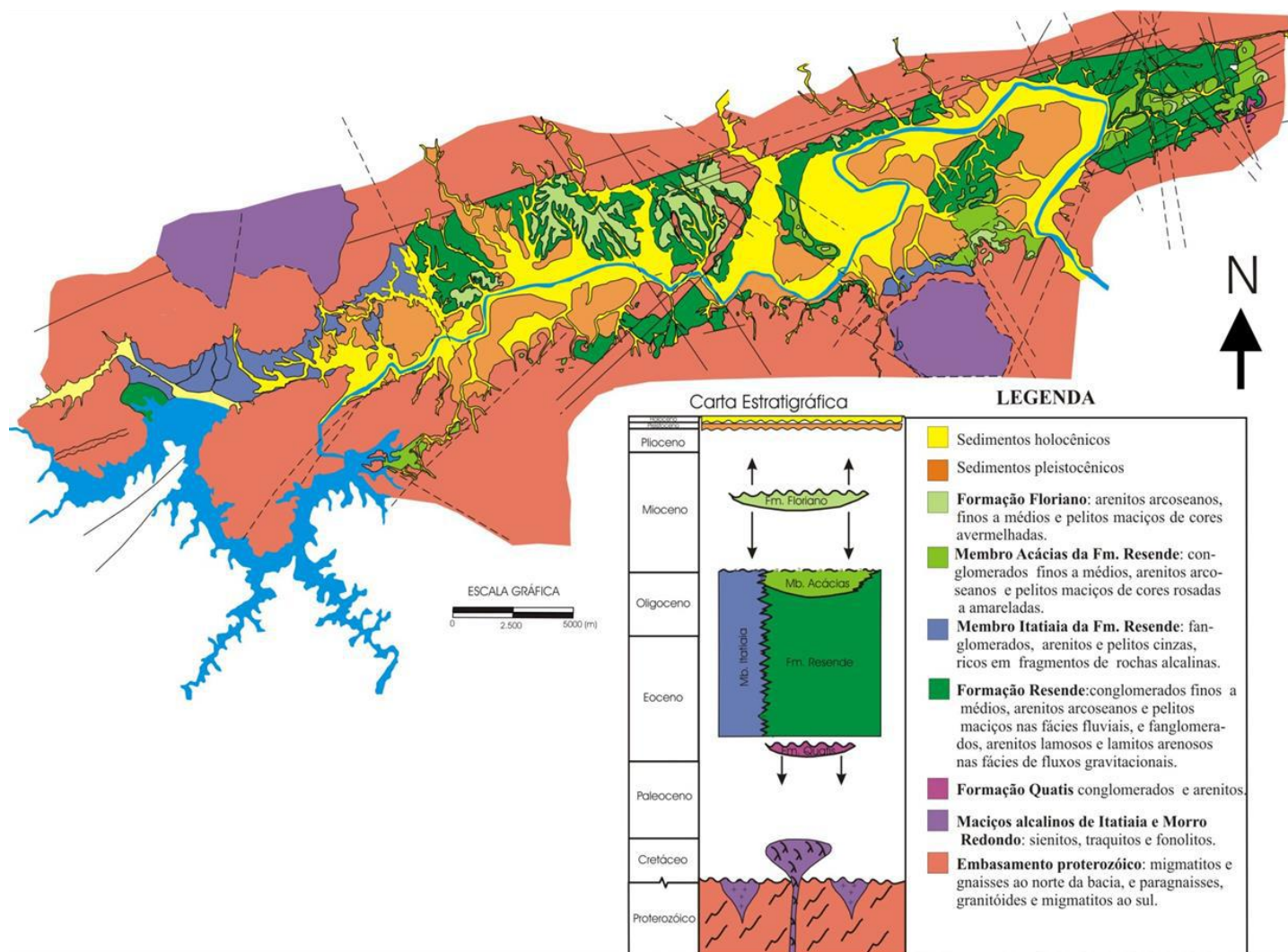


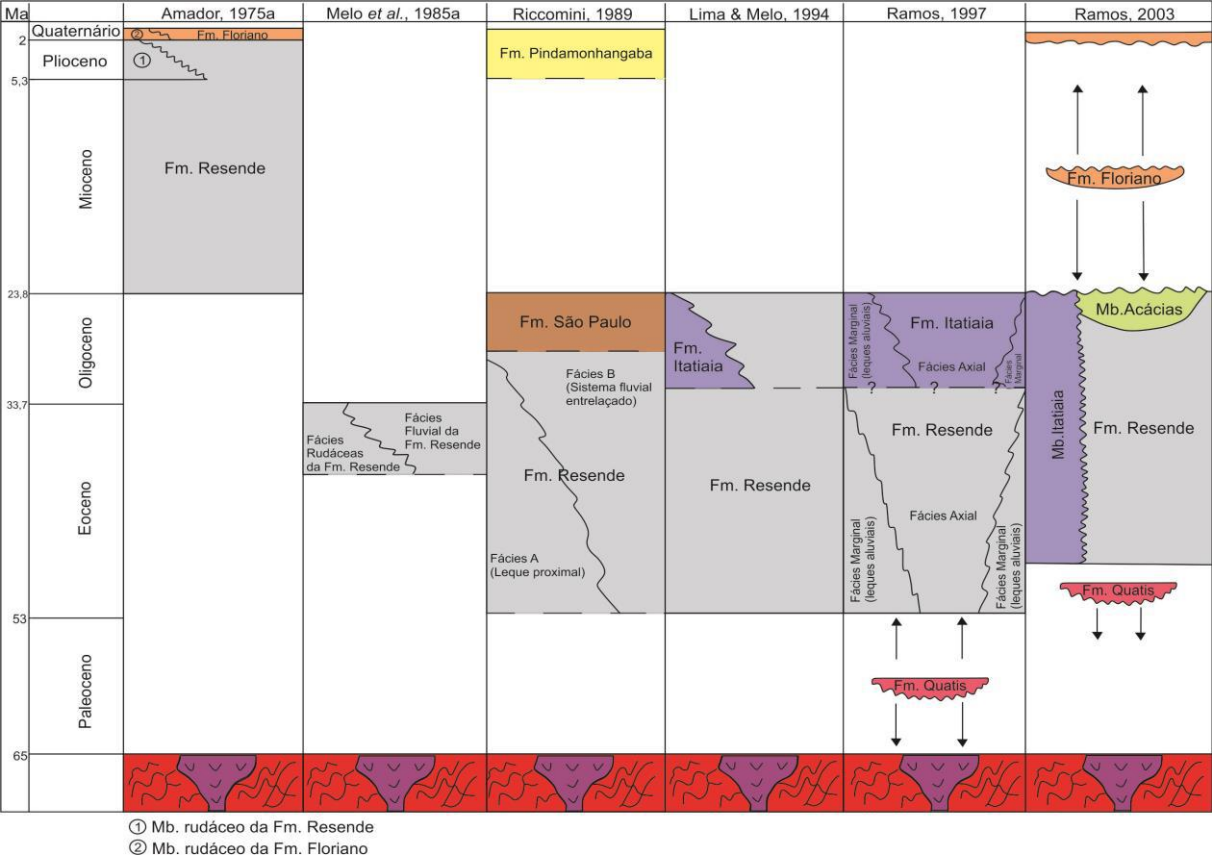
Figura 9: Mapa geológico da bacia de Resende e sua respectiva Carta Estratigráfica, evidenciando a configuração atual aceita (Ramos, 2003).

Ramos *et al.* (2005, 2006) mantiveram a proposta de Ramos (2003) para a divisão estratigráfica da bacia, porém, propõe formalmente a troca da nomenclatura Formação Quatis para Formação Ribeirão dos Quatis, justificando que essa nomenclatura já havia sido utilizada para sucessões sedimentares do sul do estado de São Paulo. Interpreta-se a unidade como um registro de um paleossistema fluvial implantado sobre o embasamento gnáissico arrasado, podendo ser precedente ou coetâneo ao principal evento de formação da bacia. A base da unidade é caracterizada por conglomerados maciços ou levemente estratificados dispostos em camadas amalgamadas intercaladas por arenitos quartzosos/arcoseanos e escassas lentes pelíticas, sendo que esses últimos tornam-se mais abundantes em direção ao topo. Logo a cima, indica-se a presença da Formação Resende, caracterizada por antigas sucessões fluviais de canais entrelaçados representadas por alternância de ciclos granodecrescentes em pacotes sedimentares esbranquiçados e esverdeados; é composta por conglomerados finos a médios e arenitos arcoseanos com estratificações cruzadas acanaladas, na base, e pelitos maciços, no topo. Ramos *et al.* (2005) também atribuem a denominação Membro Itatiaia para os depósitos sedimentares formados a partir dos leques aluviais restritos ao sopé dos maciços alcalinos e suas porções distais – sua diferença em relação aos depósitos da Formação Resende *stricto sensu* se deve à predominância em detritos derivados de rochas alcalinas durante a erosão dos próprios maciços – e Membro Acácias para os depósitos sedimentares arranjados em ciclos com granodecrescência ascendente e compostos, predominantemente, por arenitos arcoseanos com estratificações cruzadas acanaladas agrupadas e camadas pelíticas, tendo gênese atribuída a um sistema fluvial entrelaçado distal com inundações episódicas. Por último, caracteriza-se a Formação Floriano por sucessões avermelhadas de lamitos e arenitos com estratificações cruzadas acanaladas dispostos em geometria lenticular ou sigmoidal, e é interpretada como sendo resultado de um sistema fluvial de canal meandrante arenoso.

De um ponto de vista tectônico, a Formação Ribeirão dos Quatis foi originada anteriormente ao principal evento formador da bacia de Resende. Segundo Ramos *et al.* (2005), os indícios de camadas conglomeráticas amalgamadas, na base, indicam uma baixa taxa de subsidência à época, caracterizando menor espaço para acumulação sedimentar e explicando a reduzida abrangência e menor espessura de seus depósitos. O consequente

aumento da taxa de subsidência na bacia é indicado pelo aumento das fácies arenosas e lamosas, dispostas em ciclos granodecrescentes, para o topo da unidade (Ramos *et al.*, 2006). Durante o Eoceno, ocorre o principal evento tectônico e estruturador da bacia de Resende, onde a contínua extensão da crosta leva ao desenvolvimento da falha principal ENE-WSW do hemi-gráben e gera a formação de leques aluviais coalescentes, restritos à borda norte, importantes para as unidades estratigráficas que se originaram posteriormente. Como resultado, ocorre o aumento do número de canais fluviais de feições entrelaçadas, dispostos em associação a uma planície de inundação, devido à progressiva subsidência, de tal forma que se inicia o maior preenchimento sedimentar da bacia, que será registrado como Formação Resende. Como dito antes, a reativação da falha principal levou a formação de leques aluviais e sistemas fluviais próximos aos maciços alcalinos, ocasionando no aporte sedimentar distinto petrofaciologicamente da Formação Resende *stricto sensu* pelos seus detritos de origem alcalina, esses depósitos foram individualizados no Membro Itatiaia (Ramos *et al.*, 2006). Já o Membro Acácias foi definido para caracterizar um período de alargamento da bacia e alta subsidência registrada pela intensa acreção vertical, e é interpretado por um ambiente de sistema fluvial entrelaçado axial onde os fluxos gravitacionais não tiveram expressiva importância. Concluindo, a interpretação de ambiente para os depósitos arenosos e lamosos da Formação Floriano consiste em um sistema fluvial meandrante implantado sobre os depósitos da Formação Resende e sobre o embasamento proterozoico, o qual representa a fase final de colmatação da bacia de Resende.

A seguir, é indicada a evolução da nomenclatura estratigráfica a partir das principais revisões dos autores ao decorrer dos anos (Quadro 1):



Quadro 1: Registro das principais revisões estratigráficas da bacia de Resende para análise da evolução e mudanças de nomenclatura. Adaptado de Ramos et al. (2006).

4. METODOLOGIA:

Para a obtenção dos resultados foram seguidos alguns passos, que serão descritos a seguir:

4.1. Etapa Pré-Campo:

Uma etapa de revisão bibliográfica, que na verdade se estendeu até a conclusão deste trabalho, teve como intuito buscar o máximo de informações possíveis que pudessem fornecer um conhecimento prévio sobre a área estudada e seu entorno. Isso foi possível

através da leitura do numeroso acervo bibliográfico produzido nos últimos 50 anos sobre a bacia de Resende, bem como trabalhos sobre os ambientes de sedimentação aluvial reconhecidos nesta.

Após a coleta de informações sobre a área estudada, iniciou-se o preparo para a etapa de campo. Definiu-se a região a ser mapeada na extremidade oeste da bacia de Resende através do *software Google Earth™*, calculando sua área em torno de 98 km². Assim, foram impressas as cartas topográficas e ortofotomosaicos Itatiaia e Barreiro, de códigos 2712-4-SE e 2742-2-NE, respectivamente, para a porção leste do território de estudo. Impressas em tamanho A1 para melhor visualização, essas cartas e ortofotomosaicos apresentam escala de 1:25.000, e foram obtidas através do *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), como indicado na bibliografia. Já para obter informações sobre a porção oeste da área, foram impressas em tamanho A1 as cartas topográficas e ortofotomosaicos São José do Barreiro e Agulhas Negras, cujos códigos são 2742-2 e 2712-4, respectivamente. Entretanto estas duas últimas cartas estão na escala de 1:50.000 sendo estas, portanto, redimensionadas para atingir escala similar à 1:25.000 e, assim, tornarem-se mais aplicáveis e coerentes ao projeto do trabalho. Após a impressão das cartas topográficas, estas foram separadas para ter início os processos de recorte, colagem em papel do tipo cartão e entelamento com tecido do tipo morim, resultando em uma melhor articulação do mapa durante o campo. É importante ressaltar que o mapa final é representado na escala de 1:50.000, entretanto o mapeamento em campo foi realizado na escala de 1:25.000 com o intuito de evidenciar melhor os detalhes da região.

4.2. Etapa de campo:

4.2.1. Mapeamento geológico:

Esta etapa se baseou na descrição de pontos através de mapeamento geológico como projeto fundamental de exploração da área, dentro de uma campanha de dez dias. Conforme acima mencionado, utilizou-se a escala de 1:25.000 visando uma representação adequada para a região delimitada. Os pontos de campo foram posicionados no mapa através de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), através de um receptor GPS *Garmin*, utilizando o *datum* SAD 69. A locação dos pontos também foi feita utilizando referenciais

estáticos como drenagens, estradas, rodovias, fazendas, ferrovias e mudanças no relevo que se mostraram representativas e distinguíveis. Ademais, ocorreu a verificação real de hipotéticos afloramentos e feições que se mostraram notáveis durante a visualização da área através do *Google Earth™* ao longo das etapas pré-campo.

Os pontos foram descritos detalhadamente na caderneta de campo, indicando localização, modo de ocorrência dos afloramentos, identificação de fotografia, litologia observada, medidas de orientações e estruturas ou outras feições utilizando uma bússola *Brunton* modelo *Eclipse Pro* 8099.

4.2.2. Análise litofaciológica:

Nesta etapa foram caracterizadas e analisadas às fácies sedimentares, com ênfase nas litofácies e, posteriormente, associações de fácies.

Para tanto, foram elaborados perfis verticais representativos das sucessões sedimentares em cada localidade estudada, expressando uma relação vertical e unidimensional entre as fácies sedimentares identificadas. Estes perfis foram elaborados nas escalas 1:40 e 1:20, a depender do grau de detalhamento oferecido pelos afloramentos. Durante a elaboração dos mesmos, foi possível a identificação e diferenciação da composição litológica e mineralógica da maioria dos clastos, os quais foram representados com diferente coloração: vermelho para rochas do embasamento cristalino; cinza e preto para rochas alcalinas intrusivas e vulcânicas, respectivamente; e branco para fragmentos de quartzo de veio, pegmatito e K-feldspato). Foram realizadas, ainda, reconstituições da arquitetura dos depósitos sedimentares em afloramentos selecionados através de fotomosaicos.

A caracterização das fácies sedimentares utilizada nesse trabalho está embasada no conceito de Selley (1970 *apud* Walker, 1992), que define o termo fácies sedimentar como “uma massa de sedimento ou de rocha sedimentar caracterizada e distinguida das demais por seus atributos litológicos, geometria estratal, estruturas sedimentares, composição mineralógica, cores, conteúdo fossilífero e pelos seus atributos direcionais”. A partir de sua interpretação, é possível obter o processo deposicional que a gerou, do ponto de vista sedimentológico.

A cada fácies sedimentar caracterizada foi atribuído um código representando-a de uma forma simplificada. Neste estudo procurou-se atribuir às fácies códigos que estivessem de acordo com a proposta de Miall (1985). Segundo esse autor, a primeira letra, em maiúsculo, representa a litologia dominante; a segunda e terceira letra, está última se necessário, aparecem em minúsculo e representam as estruturas sedimentares, aspectos texturais ou outra característica diagnóstica presente (Exemplo: Ccm - conglomerado, sustentado pelos clastos, maciço). Para a classificação granulométrica das rochas sedimentares foi utilizada a escala de Wentworth (1922), sendo que a fração rudito foi descrita baseando-se em Blair & McPherson (1999) (Quadro 2).

Ainda que por casualidade, e oportunidade muito bem recebida, foram descritos testemunhos referentes à cinco sondagens localizadas na área pertencente às Indústrias Nucleares do Brasil. Foram descritos aproximadamente 100 m de rochas dispostas nos testemunhos, o que foi de imensa ajuda já que a identificação por mapeamento de afloramento era inviável nesses pontos.

PARTICLE LENGTH (d _i)				GRADE	CLASS	FRACTION	
km	m	mm	φ			Unlithified	Lithified
1075			-30	very coarse	Megalith	Megagravel	Mega-conglomerate
538			-29	coarse			
269			-28	medium			
134			-27	fine			
67.2			-26	very fine			
33.6			-25	very coarse	Monolith		
16.8			-24	coarse			
8.4			-23	medium			
4.2			-22	fine			
2.1			-21	very fine			
1.0	1048.6		-20	very coarse	Slab		
0.5	524.3		-19	coarse			
0.26	262.1		-18	medium			
	131.1		-17	fine	Block		
	65.5		-16	very coarse			
	32.8		-15	coarse			
	16.4		-14	medium			
	8.2		-13	fine			
	4.1	4096	-12	very coarse	Boulder	Gravel	Conglomerate
	2.0	2048	-11	coarse			
	1.0	1024	-10	medium			
	0.5	512	-9	fine	Cobble		
	0.25	256	-8	coarse			
		128	-7	fine	Pebble		
		64	-6	very coarse			
		32	-5	coarse			
		16	-4	medium			
		8	-3	fine			
		4	-2		Granule		
		2	-1				
		1	0	very coarse	Sand	Sand	Sandstone
		0.50	1	coarse			
		0.25	2	medium			
		0.125	3	fine			
		0.063	4	very fine	Silt	Mud	Mudstone or Shale
		0.031	5	coarse			
		0.015	6	medium			
		0.008	7	fine			
		0.004	8	very fine	Clay ↓ ?		
		0.002	9				
		0.001	10				
		0.0005	11				
		0.0002	12				
		0.0001	13				

Quadro 2: Quadro de granulometria de Blair & McPherson (1999) adaptada da famosa escala de Udden-Wentworth (1922).

4.3. Etapa pós-campo:

Esta última fase indica os resultados obtidos a partir dos objetivos previamente definidos e estágios de coletas de dados. Os perfis estratigráficos e seções geológicas, antes confeccionados a mão livre, foram digitalizados a partir do *software CorelDRAW Technical Suite X7* visando uma apresentação mais limpa e clara.

Nomeadas as fácies presentes nas referidas ilustrações, buscou-se compreender a relação entre camadas, disposições, geometrias, estruturas e padrões observados através da associação de fácies – método utilizado para unir informações através de uma representação com características litológicas, processos e paleoambientes de formação.

O mapa geológico da área estudada, na escala de 1:50.000, o qual foi digitalizado utilizando o *software ArcMap 10.2.2*; os pontos foram posicionados a partir de coordenadas UTM e georreferenciados para diminuição da margem de erro. Ainda se fazendo uso das ferramentas deste *software*, adquiriu-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir dos dados obtidos através da base *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), no endereço eletrônico da *United States Geological Survey* (USGS), com resolução espacial de 1 arc-sec, o que indica uma cobertura de região global a cada 30 metros.

Primeiramente, criou-se um mapa hipsométrico da região estudada através do MDE obtido, o qual foi utilizado para gerar uma representação alternativa de relevo para melhor entendimento da morfologia regional, delimitando suas respectivas classes altimétricas; foi ainda utilizada a ferramenta de interpolação *Standard Deviations* com desvio padrão igual a 2, o qual causou melhor evidência para as relações morfoestruturais (Negrão, 2014). Em seguida, utilizou-se a função *Hillshade* para análise espacial, a qual gerou feições hipoteticamente sombreadas sobre a área selecionada e efeito tridimensional da superfície, adotando azimuth de iluminação igual a 315° e ângulo de elevação de iluminação de 45°; também foi utilizado um fator Z igual a 0,00000956 para melhor relação com os fatores superficiais. A utilização destas ferramentas, especialmente a do *Hillshade*, foi muito importante para a conclusão deste trabalho de mapeamento, pois a ausência ou espaçamento relevante de afloramentos ocorreram com certa frequência em alguns pontos da região, sendo assim, a posterior avaliação da superfície mapeada através de imagens de satélites de

alta resolução levou à identificação de padrões geomorfológicos de rugosidade, os quais apresentavam feições parecidas para as unidades litológicas já identificadas na etapa de campo.

5. RESULTADOS:

5.1. Mapas Geológicos da Extremidade Oeste da Bacia de Resende:

Como resultado principal deste presente estudo, foi confeccionado o mapa geológico da área estudada na escala de 1:50.000 com ênfase nas relações de altitude (cotas) para melhor interação com o relevo (Figura 10), através da ajuda da observação de sequências expostas, diferenças de relevo e análise litofaciológica e interpretativa dos pacotes sedimentares através da confecção de perfis estratigráficos, seções geológicas e descrição de testemunhos. Foram identificadas seis unidades de mapeamento, das quais cinco já se encontravam descritas, individualmente, na literatura da estratigrafia da bacia de Resende.

Com a ajuda das ferramentas do *software* ArcGis 10.2.2 e sobreposição do Modelo Digital de Elevação da região estudada, foram confeccionados os mapas de litologia e hipsometria (Figuras 11 e 12, respectivamente). A utilização do MDE em conjunto com o mapeamento da área é importante pois indica determinadas feições que não são possíveis de observar na etapa de campo. Nesse caso, foram identificados lineamentos na imagem de satélite de acordo com a diferença morfoestrutural apresentada e interpretados como padrões de falhas primárias (ENE-WSW) e secundárias (SSE-NNW), concordando com os falhamentos regionais de abertura da bacia tipo *rift* e estudos anteriores. Além disso, o mapa de litologias sobreposto pelo Modelo Digital de Elevação, em transparência, evidencia as relações de litologias com ênfase na rugosidade da área, notando-se padrões morfoestruturais distintos para respectivas unidades estratigráficas.

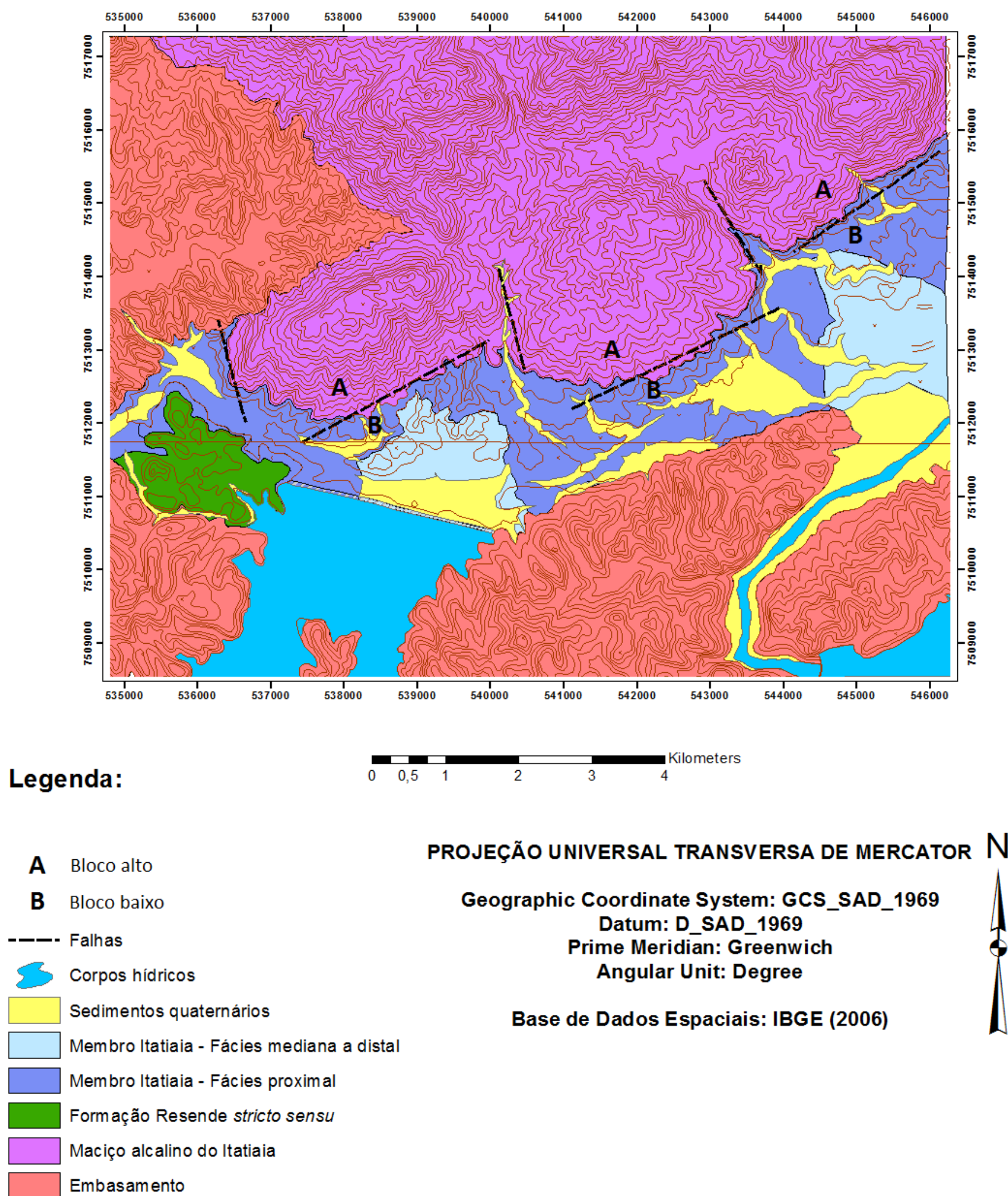


Figura 10: Mapa geológico da área de estudo com indicação da relação entre as unidades litestratigráficas e as cotas topográficas da região.

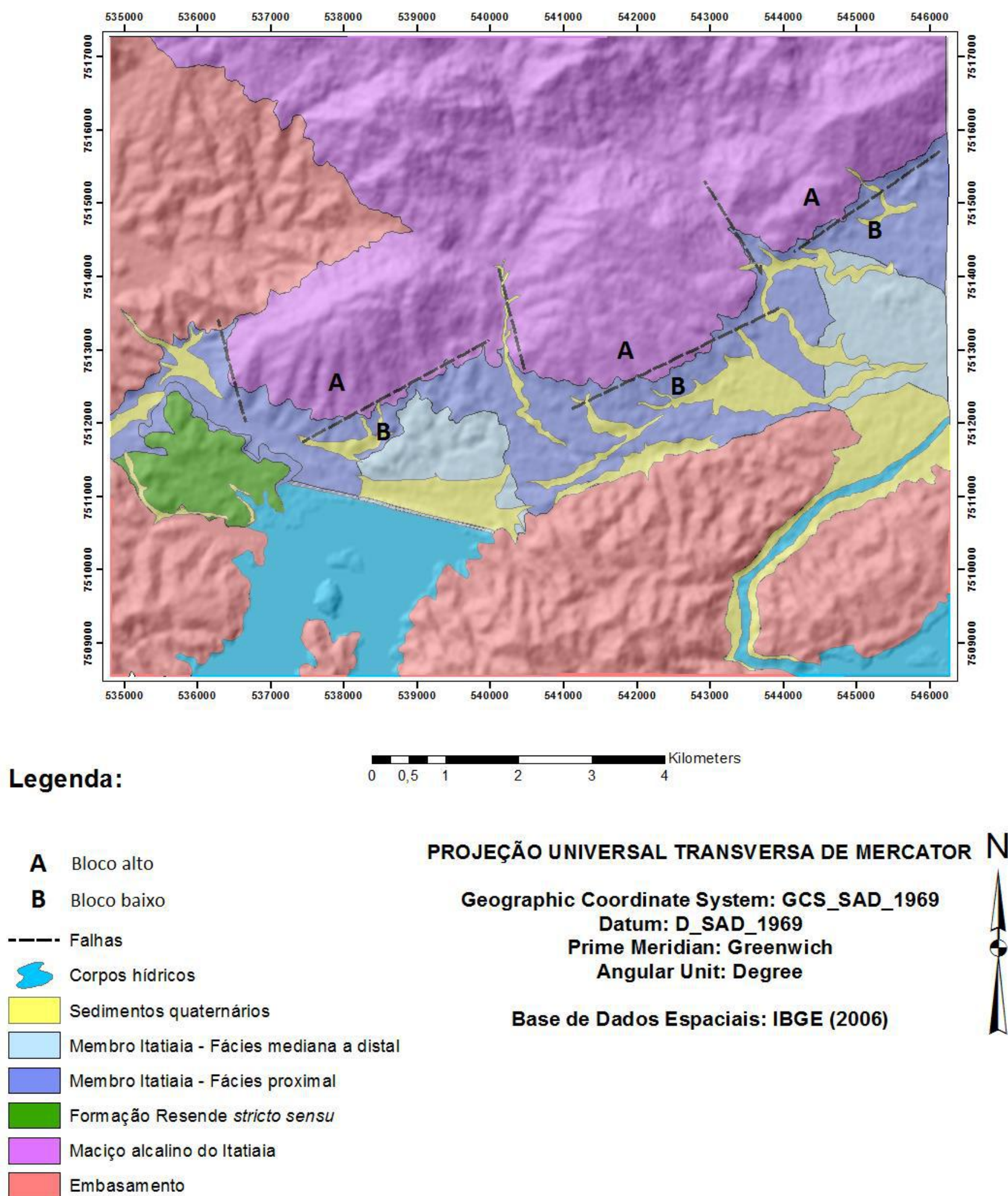


Figura 11: Mapa geológico da área de estudo com indicação da relação entre as unidades litestratigráficas e sobreposição do Modelo Digital de Elevação.

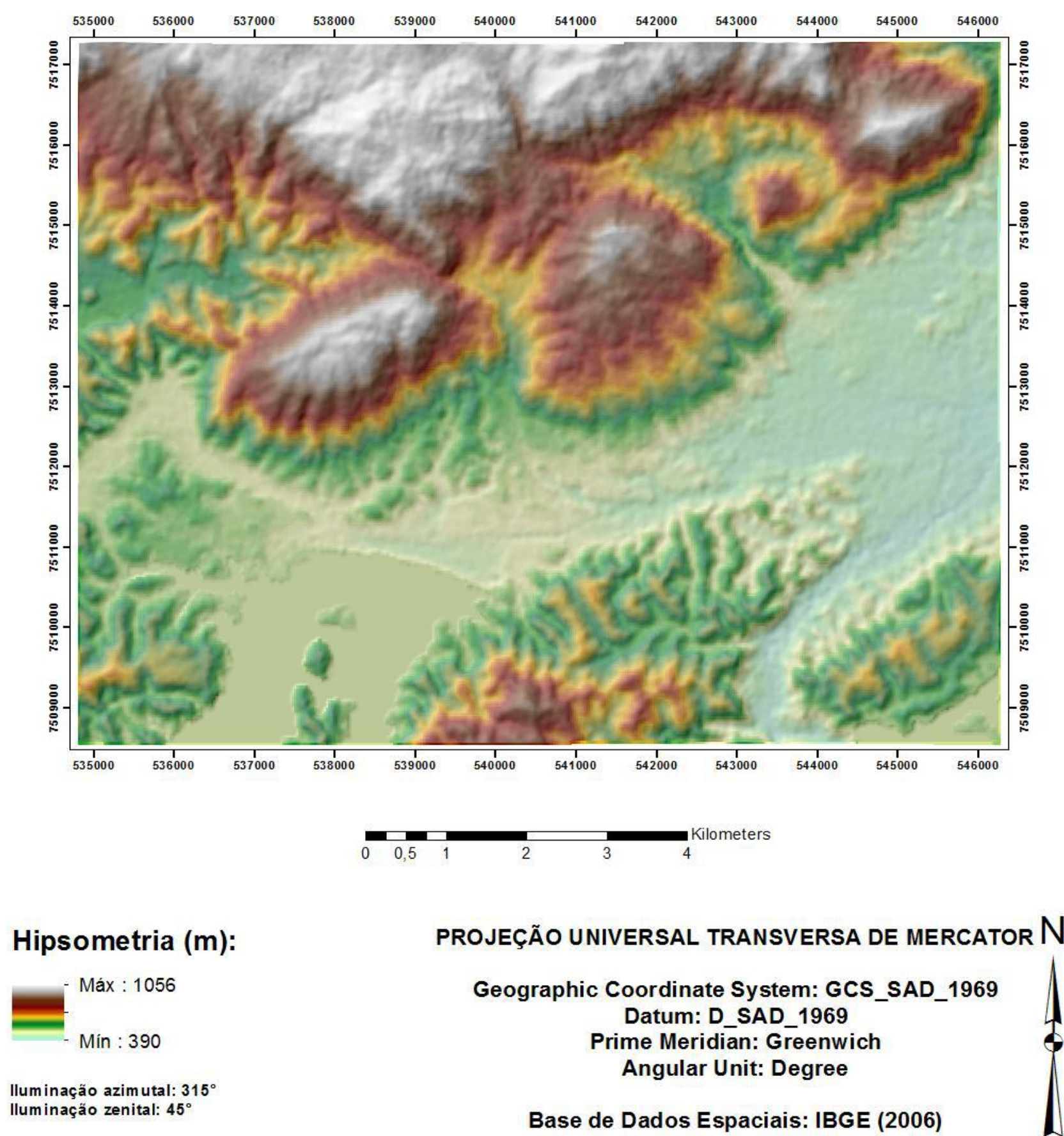


Figura 12: Mapa hipsométrico da área de estudo com Modelo Digital de Elevação sobreposto e evidência das classes altimétricas.

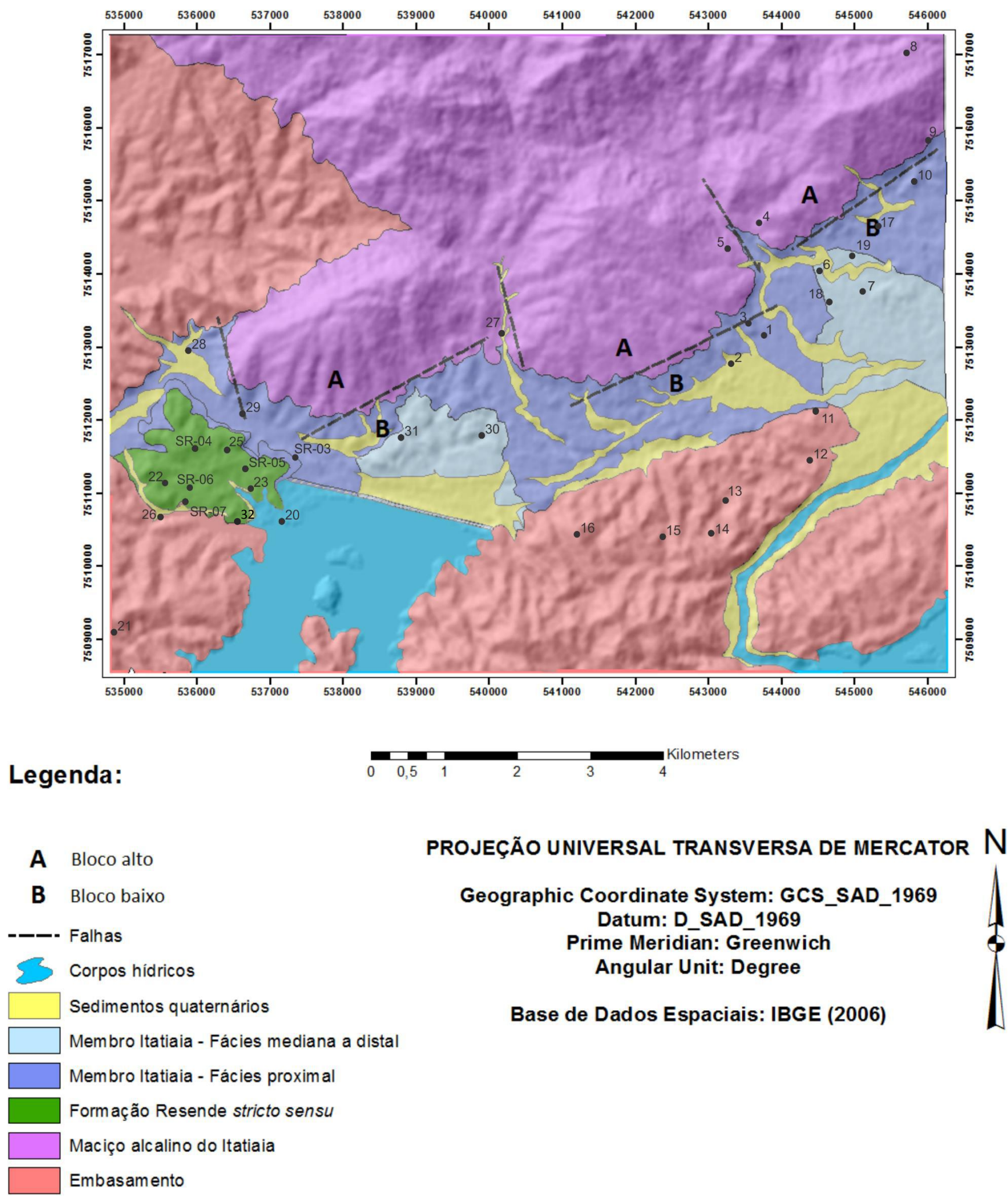


Figura 13: Mapa geológico com indicação dos pontos descritos durante a etapa de mapeamento.

5.2. Fácies Sedimentares:

Foram identificadas 14 litofácies que podem ser divididas em rudíticas (7), areníticas (4) e pelíticas (3) (Quadro 3).

Quadro 3: Sumário das litofácies identificadas na área de mapeamento.

Código	Diagnose	% nas sucessões	Descrição	Interpretação
Cmm1	Conglomerado maciço sustentado por matriz arenosa	10,2%	Conglomerado polimítico com clastos angulosos a arredondados* de tamanho grânulo a matacão fino, maciço ou com imbricação incipiente, mal a moderadamente selecionado, cor acinzentada a amarelada, sustentado por matriz arenosa fina a grossa e arcabouço composto por rochas alcalinas e gnáissicas, além de fragmentos de pegmatito, quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos trativos unidirecionais de alta energia
Cmm2	Conglomerado maciço sustentado por matriz lamosa	26,4%	Conglomerado polimítico com clastos angulosos a subarredondados* de tamanho grânulo a matacão muito grosso, maciço, mal selecionado, cor acinzentada a amarelada, sustentado por matriz lamosa ou areno-lamosa e arcabouço composto por rochas alcalinas e gnáissicas, além de fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos de detritos coesivos de alta competência
Ccm1	Conglomerado maciço sustentado por clastos subangulosos a angulosos	2,5%	Conglomerado polimítico sustentado por clastos subangulosos a angulosos de tamanho grânulo a matacão fino, maciço, mal selecionado, cor acinzentada, com matriz arenosa média a muito grossa ou areno-lamosa e arcabouço composto por rochas alcalinas e gnáissicas, além de fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos de detritos não coesivos de baixa a média competência
Ccm2	Conglomerado maciço sustentado por clastos subarredondados a arredondados	1,2%	Conglomerado polimítico sustentado por clastos subarredondados a arredondados de tamanho seixo médio a matacão médio, maciço, moderadamente selecionado, cor acinzentada, com matriz arenosa média a muito grossa e arcabouço composto por rochas alcalinas, além de fragmentos de quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos trativos unidirecionais de alta energia
Cg	Conglomerado gradado	5,0%	Conglomerado polimítico com clastos subangulosos a subarredondados de tamanho grânulo a matacão fino, gradado, moderadamente selecionado, cor acinzentada, sustentado por clastos ou por matriz areno-lamosa e arcabouço composto por rochas alcalinas e fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos trativos unidirecionais com desaceleração de corrente
Ch	Conglomerado com estratificação horizontal	3,9%	Conglomerado polimíticos sustentado por clastos subangulosos a arredondados* de tamanho grânulo a seixo muito grosso, com estratificação horizontal mal a bem definida e granodecrescência ascendente ocasional, moderadamente a bem selecionado, cor acinzentada, com matriz arenosa fina a grossa e arcabouço composto por rochas alcalinas e gnáissicas, além de fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato	Superposição de lençóis cascalhosos através de correntes tracionais em regime de fluxo superior

Ca	Conglomerado com estratificação cruzada acanalada	0,9%	Conglomerado polimítico sustentado por clastos subarredondados a arredondados de tamanho grânulo a seixo fino, com estratificação cruzada acanalada de médio porte e granodecrescência ascendente ocasional, bem selecionado, cor acinzentada, com matriz arenítica fina a média e arcabouço composto por rochas alcalinas, além de fragmentos de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato	Fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo inferior alto com migração de barras cascalhosas transversais de crista sinuosa
Am	Arenito maciço	21,4%	Arenito muito fino a muito grosso, podendo apresentar grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato, maciço, moderadamente a bem selecionado, cor esbranquiçada a amarelada, com matriz lamosa e grãos feldspáticos e, em maioria, quartzosos	Fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo inferior alto com modificações pós-deposicionais
Ag	Arenito gradado	2,0%	Arenito médio a muito grosso, com grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato, gradado, moderadamente a bem selecionado, cor esbranquiçada a amarelada, com matriz lamosa e grão feldspáticos e, em maioria, quartzosos	Fluxos trativos unidirecionais com desaceleração de corrente
Ah	Arenito com estratificação horizontal	2,1%	Arenito fino a muito grosso, podendo apresentar grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato, com estratificação horizontal bem definida, moderadamente a bem selecionado, cor esbranquiçada a amarelada, com matriz lamosa e grãos feldspáticos e, em maioria, quartzosos	Fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo superior originando formas de leito plano
Aa	Arenito com estratificação cruzada acanalada	1,0%	Arenito muito fino a grosso, podendo apresentar grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato, com estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte, moderadamente a bem selecionado, cor esbranquiçada a amarelada, com matriz lamosa e grãos feldspáticos e, em maioria, quartzosos	Migração de dunas de crista sinuosa em regime de fluxo inferior
Pm	Pelito maciço	9,3%	Lamitos e siltitos maciços com cor avermelhada ou esverdeada a enegrecida	Decantação de carga suspensiva
Pl	Pelito laminado	0,2%	Siltito maciço com cor enegrecida	Correntes trativas de muito baixa energia com superposição de formas planas siltosas
LAm	Lamito arenoso maciço	13,9%	Lamitos e siltitos que apresentam grãos de tamanhos variados desde areia muito fina até seixo fino, com clastos quartzosos e K-feldspáticos, maciço e cor amarelada a esverdeada	Corridas de lama

* A esfericidade dos clastos está relacionada às diferentes litologias, onde os litoclastos de rochas alcalinas tendem a ser arredondados, devido à esfoliação esferoidal, e os do embasamento cristalino e outros fragmentos tendem a ser angulosos.

5.2.1. Litofácies Rudíticas:

Durante este estudo, foram identificadas sete litofácies rudíticas que se referem a diferentes tipos de conglomerados: Cmm1, Cmm2, Ccm1, Ccm2, Cg, Ch e Ca. A diferenciação entre elas foi realizada tendo em vista as características em relação à esfericidade e tamanho dos clastos, composição mineralógica, presença ou ausência de estruturas sedimentares, maturidade textural, associação clasto-matriz e cor da rocha. O grau de esfericidade dos clastos não tem relação apenas ao tipo de transporte que ocasionou na deposição desses sedimentos, mas também da fonte que providenciou o arcabouço. Por exemplo, clastos de origem alcalina (nefelina-sienito, traquito, fonolito, quartzo-sienito, etc) tendem a ser subarredondados a arredondados devido à esfoliação esferoidal ocorrida na área fonte, enquanto que os outros provenientes por rochas do embasamento gnáissico (gnaisse, biotita-gnaisse, migmatito, etc) se apresentam mais angulosos devido à sua estrutura interna e proximidade da área fonte. Já os fragmentos de pegmatito, quartzo de veio e K-feldspato apresentam formas variadas, relacionadas à distância da área fonte e o padrão de transporte.

5.2.1.1. *Cmm1 (Conglomerado maciço sustentado por matriz arenosa):*

a) Descrição:

Esta litofácies se refere aos conglomerados sustentados por matriz arenosa (paraconglomerados), apresentando ocasionalmente imbricação incipiente ou nenhuma estrutura aparente, podendo ser denominados também como maciços (Figura 14). Como mencionado anteriormente, o grau de arredondamento do arcabouço nessa litofácies tende a ser subarredondado a arredondado, principalmente em referência aos clastos de tamanho grânulo a matacão fino das rochas alcalinas e grânulos e seixos finos de porções de pegmatitos, quartzo de veio e K-feldspato, enquanto que alguns fragmentos de rochas do embasamento cristalino de tamanho seixo fino a calhau grosso tendem a ser mais subangulosos. Já a matriz é composta predominantemente por grãos subarredondados a arredondados feldspáticos e, em maioria, quartzosos de areia fina a muito grossa. A litofácies Cmm1 foi identificada em camadas decimétricas a métricas de até 2 m, apresenta cor acinzentada a amarelada e se apresenta mal a moderadamente selecionada.

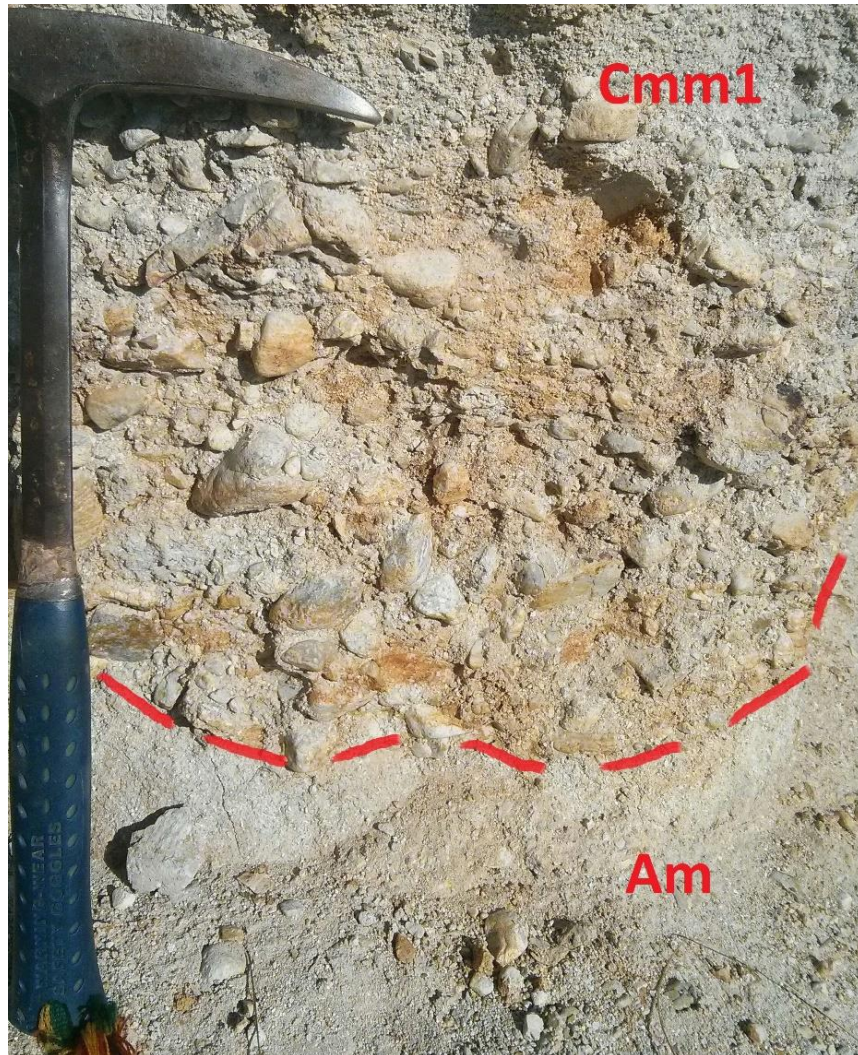


Figura 14: Litofácies Cmm1 apresentando clastos subangulosos a subarredondados, em contato erosivo com litofácies arenítica na base. Ponto próximo a Ferrovia do Aço, localizado na estrada de terra para a Fazenda Aleluia, à nordeste do município de Itatiaia (Ponto 7).

b) Interpretação:

Tais aspectos como tamanho e arredondamento comum dos clastos, intercalação com arenitos, presença de matriz arenosa e possível imbricação podem ser representativos a ponto de interpretar o processo formador como um fluxo trativo unidirecional, e devido à espessura das camadas e seleção pobre do arcabouço considera-se esse como um fluxo de maior energia, talvez até turbulento, que possa indicar maior profundidade na deposição dentro de leitos fluviais (Allen, 1970; Miall, 1978; Reineck & Singh, 1980).

5.2.1.2. Cmm2 (Conglomerado maciço sustentado por matriz lamosa):

a) Descrição:

Diferentemente da litofácies anterior, esta apresenta maior porção de lama na matriz, atingindo porcentagens superiores a 30% da rocha. Caracteriza-se como um conglomerado sustentado por matriz lamosa a areno-lamosa (vaque), pobremente selecionado, sem estrutura sedimentar evidente (Figura 15). Os clastos tendem a ser subangulosos a angulosos em se tratando de grânulos a calhaus finos de rochas do embasamento gnáissico, como também para os fragmentos de tamanho grânulo a seixo grosso de pegmatitos, quartzo-de-veio e K-feldspato; já os clastos de rochas alcalinas tendem a ser mais subarredondados, sendo que alguns destes atingem diâmetros de até 3 m. Esta litofácies foi identificada em camadas decimétricas a métricas de até 5 m e apresenta cor acinzentada a amarelada.



Figura 15: Litofácies Cmm2 identificada no testemunho de sondagem SR-03, com localização dentro da região pertencente à INB, entre o Reservatório do Funil e a Ferrovia do Aço. Escala de 20 cm, aproximadamente.

b) Interpretação:

A presença de pacotes espessos, clastos de até 3 m de diâmetro e muita matriz lamosa indica uma alta energia e coesão para tal força de transporte. Devido ao conhecimento da área e indícios conhecidos de falhamentos na borda da bacia que aumentaram o gradiente de declividade, pode-se interpretar essa litofácies como resultado de depósitos formados por fluxos de detritos coesivos de alta competência (Pedreira da Silva *et al.*, 2008), originados a partir de intensas chuvas onde a viscosidade da lama presente no processo pode sustentar uma grande variedade de blocos e depositá-los em porções proximais dos leques aluviais do maciço alcalino do Itatiaia.

5.2.1.3. *Ccm1 (Conglomerado maciço sustentado por clastos subangulosos a angulosos):*

a) Descrição:

Ao contrário das litofácies Cmm1 e Cmm2, este conglomerado é sustentado por clastos (ortoconglomerado), os quais se apresentam, em geral, com formato subanguloso a anguloso. É caracterizado como polimítico devido à variedade de composição mineralógica/litológica do arcabouço, onde os fragmentos de tamanho grânulo a calhau fino de rochas gnáissicas do embasamento, quartzo de veio, pegmatitos e K-feldspato têm formas subangulosas a angulosas. A maioria dos clastos, no entanto, possui composição alcalina de tamanho seixo médio a matacão fino e tendem a ser subangulosos a subarredondados (Figura 16). Já a matriz é composta por areia média a muito grossa quartzosa, subarredondada a arredondada, podendo apresentar elevado teor de lama. Estas litofácies ocorre na forma de camadas decimétricas, de seleção pobre, cor acinzentada e nenhuma estrutura sedimentar evidente.

b) Interpretação:

A presença desse tipo de conglomerado sustentado por clastos subangulosos a angulosos com pouca matriz lamosa sugere uma origem através de fluxos de detritos não-coesivos de baixa a média competência, interpretação esta reforçada pela presença de matriz arenosa geralmente “limpa”. Essas camadas estão provavelmente relacionadas a fluxos “catastróficos” originados a partir do declive de relevo e escassa vegetação na época, que

favorece o transporte de sedimentos arenosos e cascalhosos contendo pouca lama, diminuindo drasticamente a coesão do transporte (Blair & McPherson, 2009).



Figura 16: Conglomerado polimítico maciço sustentado por clastos subangulosos a angulosos (Ccm1). Voçoroca na Fazenda Boa Esperança, município de Itatiaia, no sopé do maciço alcalino do Itatiaia (Ponto 10)..

5.2.1.4. *Ccm2 (Conglomerado maciço sustentado por clastos subarredondados a arredondados):*

a) Descrição:

Esta lifofácies é representada por um conglomerado polimítico sustentado por clastos subarredondados a arredondados de tamanho seixo fino a matacão médio de origem alcalina e seixos variados de quartzo-de-veio e K-feldspato. A matriz é composta por areia média a muito grossa com grãos subarredondados a arredondados quartzosos e alguns feldspáticos. Ocorre na forma de camadas que chegam a atingir até 1 m de espessura, não apresenta nenhuma estrutura aparente, tem cor acinzentada e moderada seleção dos clastos.

b) Interpretação:

Mesmo que não tenha sido observada nenhuma estrutura, o evidente arredondamento dos clastos, moderada seleção de grãos, presença de matriz arenosa também arredondada e intercalação com camadas areníticas podem representar fluxos trativos unidirecionais de alta energia em leitos fluviais, e a variação granulométrica em algumas camadas representa mudanças na velocidade das correntes (Steel & Thompson, 1983).

5.2.1.5. *Cg (Conglomerado gradado):*

a) Descrição:

A litofácies Cg é representada por conglomerados polimíticos dispostos em camadas de até 1 m, que podem apresentar gradação normal ou inversa, e ora sustentados por clastos de tamanho grânulo a matacão fino, ora por matriz areno-lamosa. Foi observado que o arcabouço é composto por rochas alcalinas, fragmentos de pegmatitos, quartzo-de-veio e K-feldspato, tendendo a exibir clastos subangulosos para as feições sustentadas pelos mesmos, enquanto que por outro lado, os clastos apontam subarredondamento quando sustentados por matriz areno-lamosa de característica reológica menos viscosa. É também notável a coloração acinzentada e uma seleção moderada.

b) Interpretação:

Caracterizados principalmente por suas gradação e associação entre clastos de tamanho predominante seixo e matriz arenosa ou areno-lamosa, os conglomerados polimíticos desta litofácies podem ter sua deposição relacionada à um sistema fluvial com presença de fluxos trativos unidirecionais com desaceleração de corrente e baixa coesão interna.

5.2.1.6. Ch (*Conglomerado com estratificação horizontal*):

a) Descrição:

Melhor representada em depósitos ao sul da área estudada, esta litofácies é caracterizada por conglomerados polimíticos que apresentam estratificação horizontal mal a bem definida e ocasional granodecrescência ascendente. Estes ruditos são notadamente sustentados por clastos de morfometria subangulosa a arredondada, com granulometria variando de grânulo a seixo muito grosso. O arcabouço apresenta composição alcalina e fragmentos de pegmatitos, quartzo-de-veio e K-feldspato que tendem a ser mais arredondados, enquanto que os litoclastos provenientes do embasamento proterozoico apresentam maior angulosidade. Já a matriz é representada por grãos quartzosos e feldspáticos de areia fina a grossa. No geral, a litofácies Ch é caracterizada por uma cor acinzentada e seleção boa a moderada, disposta em camadas que variam entre alguns decímetros até 1,5 m.

b) Interpretação:

Segundo Hein & Walker (1977 *apud* Ramos, 2003) e Rust (1978 *apud* Ramos (2003), a superposição de formas longitudinais cascalhosas geradas por correntes trativas em regime de fluxo superior pode esclarecer as feições horizontais características desta litofácies. Já a variação climática de curto a longo prazo cria evidências gradacionais nesses pacotes sedimentares, causando granodecrescência ascendente devido à perda de energia do fluxo (Ramos, 2003).

5.2.1.7. Ca (*Conglomerado com estratificação cruzada acanalada*):

a) Definição:

A litofácies Ca apresenta baixa representação na bacia, porém tem importante função para interpretação e correlação ambiental. Tal litofácies é caracterizada por conglomerados polimíticos de coloração acinzentada, sustentado por clastos subarredondados a arredondados de fragmentos de pegmatitos, quartzo-de-veio, K-feldspato e rochas alcalinas, com boa seleção. O arcabouço é constituído por clastos de tamanho grânulo a seixo fino,

enquanto a matriz é representada por areia quartzosa fina a média. Com textura sem muitas diferenças marcantes, ocorre em camadas de até 1 m. Entretanto, sua principal característica se deve à presença de estratificação cruzada acanalada simples de médio porte e granodecrescência ascendente.

b) Interpretação:

As feições mais “sutis” desses ortoconglomerados, como a boa seleção, arredondamento dos grãos, matriz arenosa fina e estratificação cruzada acanalada, representam relações típicas à processos de fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo inferior alto com migração de barras cascalhosas transversais de crista sinuosa em preenchimento de pequenos canais. Já a granodecrescência pode ser explicada por desaceleração de fluxo em determinados momentos.

5.2.2. Litofácies Areníticas:

Durante o mapeamento geológico e reconhecimento faciológico deste estudo, foram identificadas quatro litofácies areníticas distintas: Am, Ag, Ah e Aa. Ainda que a presença de estruturas sedimentares serviu como principal método para dividir tais fácies, também foram destacadas outras características relevantes como tamanho dos grãos, composição mineralógica, texturas apresentadas e coloração. Analisando o contexto geral da área estudada, nota-se uma maior predominância dessas litofácies em relação às rudíticas e lamosas. E é importante evidenciar a alteração de cor dos arenitos quando situados em sucessões estratigráficas com domínio de fragmentos de rochas alcalinas ou em meio intercalado a estratos de pelitos esmetctíticos, assumindo coloração esbranquiçada ou amarelada, respectivamente.

5.2.2.1. Am (Arenito maciço):

a) Descrição:

Esta litofácies é caracterizada por camadas tabulares a lenticulares de arenitos (arcósios) maciços cuja granulometria varia de muito fina a muito grossa (Figura 17), com frequentes grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato dispersos, seleção moderada a boa,

coloração esbranquiçada a amarelada e escassa matriz lamosa de provável origem diagenética (alteração dos feldspatos).

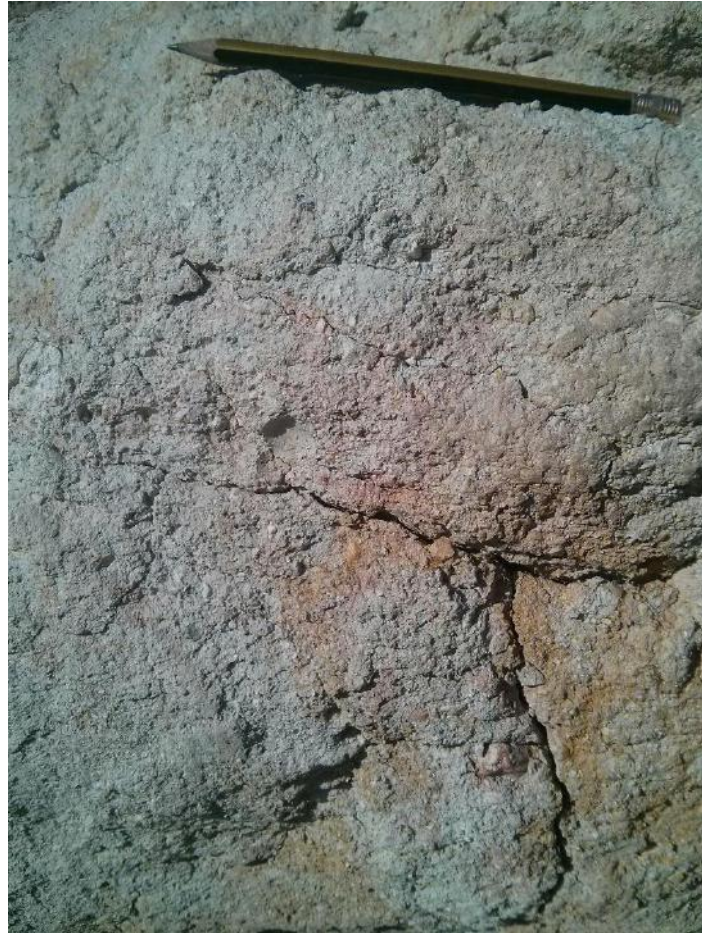


Figura 17: Pacote sedimentar esbranquiçado evidenciando a litofácies Am. Ponto próximo a Ferrovia do Aço, localizado na estrada de terra para a Fazenda Aleluia, à nordeste do município de Itatiaia (Ponto 7).

b) Interpretação:

Arenitos maciços ou sem estrutura observável podem estar ligados a processos variados, tendo mais de uma interpretação plausível para sua formação. Como esta litofácies apresenta moderada a boa seleção dos grãos e presença de grânulos e seixos dispersos, é plausível associar sua gênese a fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo inferior alto com modificações pós-deposicionais que podem estar relacionadas à bioturbações e/ou fluidização.

5.2.2.2. Ag (Arenito gradado):

a) Descrição:

Litofácies representada por arenitos (arcósios) médios a muito grossos com grãos arredondados, moderadamente a bem selecionados, apresentando ocasionalmente grânulos e seixos quartzosos e feldspáticos com predominância de gradação normal, subordinadamente inversa. Ocorrem na forma de camadas tabulares com até 1,5 m de espessura, coloração esbranquiçada a amarela e escassa quantidade de matriz lamosa secundária.

b) Interpretação:

A variação da granulometria em um pacote sedimentar está associada principalmente à diminuição ou aumento da intensidade de um fluxo, que pode causar a interrupção parcial de processos seletivos dos grãos em meio subaquoso, ou seja, dificuldade para formação de estruturas sedimentares como estratificações e laminações (Collinson, 1970 *apud* Ramos, 2003). Sendo assim, pode-se interpretar esta litofácies como resultado de fluxos trativos unidirecionais com desaceleração de corrente.

5.2.2.3. Ah (Arenito com estratificação horizontal):

a) Definição:

A litofácies Ah é representada por arenitos (arcósios) com estratificações horizontais mal definidas, granulometria variando de fina a muito grossa, podendo apresentar grânulos e seixos de quartzo e K-feldspato (Figura 18), coloração esbranquiçada a amarelada e escassa matriz lamosa de provável origem diagenética. Os grãos têm composição quartzosa e feldspática e formas arredondadas a subarredondadas. Ocorre em camadas lenticulares de espessura centimétrica a decimétrica.



Figura 18: Arenito amarelado com estratificação horizontal incipiente (Ah) identificado entre duas camadas pelíticas avermelhadas. Área da INB, na borda oeste do Reservatório do Funil, próximo a barragem de Nhangapi Ponto 22).

b) Interpretação:

Esta litofácies representa a superposição de formas de leito planas em leito fluvial. Acredita-se que a presença de uma granulometria mais grossa e estratificações mal definidas desse tipo nesses arenitos esteja associada a um regime de fluxo superior e não inferior.

5.2.2.4. Aa (Arenito com estratificação cruzada acanalada):

a) Definição:

Esta litofácies é representada por pacotes sedimentares areníticos decimétricos com estratificações cruzadas acanaladas de pequeno a médio porte. Constituem arcósios de coloração esbranquiçada a amarelada, com clastos tamanho areia muito fina a grossa com formas arredondadas a subarredondadas, presença de grânulos e seixos alinhados com as estratificações, seleção moderada a boa e escassa epimatriz lamosa.

b) Interpretação:

Este tipo de litofácies tem sua formação associada ao meio subaquoso, sendo gerada em consequência de fluxos trativos unidirecionais em regime de fluxo inferior alto, provocando a migração de dunas de crista sinuosa (Pedreira da Silva *et al.*, 2008).

5.2.3. Litofácies Pelíticas:

Com boa representatividade na bacia de Resende e de área estudada, as litofácies pelíticas foram observadas tanto em contato com fácies areníticas quanto rudíticas, quase sempre marcadas no topo por contatos erosivos. No total, foram identificadas três litofácies pelíticas: Pm, Pl e LAm. Suas diferenciações deram-se devido à presença ou ausência de estruturas e ocorrência significativa de granulometria maior que silte e argila. É possível associar a variação de cor em virtude de processos de pigmentação, distintas proporções de argilominerais e presença de material orgânico.

5.2.3.1. Pm (*Pelito maciço*):

a) Descrição:

Esta litofácies é caracterizada por camadas lamíticas tabulares a lenticulares de até 1m maciços, apenas com feições de ressecamento (Figura 19). Enquanto os siltitos apresentam uma cor mais enegrecida devido ao material orgânico presente, os argilitos possuem coloração avermelhada ou esverdeada dependendo das outras fácies associadas. É comum associar o tom verde de alguns pelitos à presença de esmectita em sua composição.

b) Interpretação:

Pelitos maciços podem ter sua formação relacionada à processos de decantação da carga suspensiva em períodos de enchentes sobre planícies de inundação fluvial e canais abandonados.



Figura 19: Pelito maciço (Pm) avermelhado com feições de ressecamento. Ponto próximo a Ferrovia do Aço, localizado na estrada de terra para a Fazenda Aleluia, à nordeste do município de Itatiaia (Ponto 7).

5.2.3.2. PI (Pelito laminado):

a) Descrição:

A litofácies PI está restrita à região pertencente à INB, na porção oeste da área estudada. É identificada por uma camada com espessura média de 25 cm e formato tabular. Esta litofácies apresenta coloração cinza escuro, e é composta por material fino de granulometria siltosa e, subordinadamente, areia muito fina. Sua diferenciação ocorre, principalmente, devido à presença de laminação horizontal mal definida.

b) Interpretação:

Depósitos sedimentares compostos por sedimentos finos são normalmente gerados por decantação de carga, entretanto, a presença de laminação horizontal neste tipo de fácies

indica processos trativos de muito baixa energia, causando superposição de formas planas de granulometria fina, sob regime de fluxo inferior baixo. Devido à dificuldade em diferenciar o tamanho dos grãos de silte macroscopicamente, infere-se que estes sejam de tamanho silte grosso já que uma estrutura sedimentar desse nível seria formada, principalmente, por tração de sedimentos com relativa densidade em correntes.

5.2.3.3. *LAm (Lamito Arenoso maciço):*

a) Descrição:

Esta litofácies ocorre com grande abrangência na área estudada e encontra-se em contato com a maioria das fácies descritas até o momento. Caracteriza-se por argilitos e siltitos maciços, com presença de grãos de areia fina até seixo, quartzosa e feldspática, subangulosos a subarredondados, que podem compor até 50% da rocha (Figura 20). Apresentam coloração amarelada a esverdeada dependendo dos processos diagenéticos atuantes e argilominerais presentes.

b) Interpretação:

A estrutura maciça, seleção muito pobre e abundância de lama sugere pulsos de corridas de lama provenientes de área-fonte intensamente argilizada. A grande quantidade de sedimentos finos e pobre seleção dos grãos causa um aspecto desorganizado à fácies em questão, imaginando-se assim um processo de transporte de alta energia onde não há características seletivas durante o fluxo.



Figura 20: Pacote sedimentar representado pela litofácies LAm, indicando um lamito arenoso maciço. Ponto localizado em drenagem próxima a BR-485, à norte da Ferrovia do Aço, município de Itatiaia (Ponto 19).

5.3. Associações de Fácies e Sistemas Depositionais:

A partir da descrição litofaciológica e do estudo da literatura voltada à caracterização e identificação de sistemas deposicionais, foi possível distinguir dois paleossistemas de sedimentação para a área estudada. Estes foram relacionados à associação de diferentes litofácies e suas interpretações correlacionadas com tipos de transporte e áreas-fonte.

5.3.1. Sistema fluvial entrelaçado com fluxos gravitacionais (Associação de Fácies 1):

A Associação de Fácies 1 (AF1) é composta por 11 litofácies, as quais podem ser divididas em quatro rudíticas (Cmm1-Ccm2 -Cg-Ch), quatro areníticas (Am-Ah-Aa-Ag) e três pelíticas (Pm-Pl-LAm); é possível observar um exemplo característico na figura 20 (SR-07).

A AF1 sugere um sistema fluvial entrelaçado dominado por correntes trativas de intensidades variadas, porém com presença de ocasionais fluxos gravitacionais de baixa energia (Figura 22).

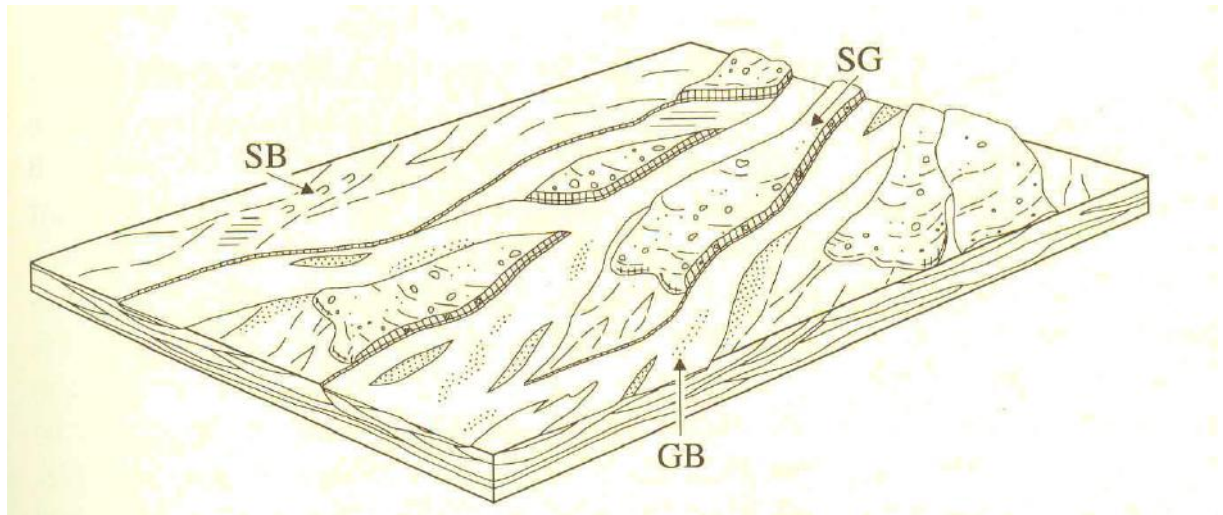


Figura 22: Modelo deposicional semelhante ao sistema fluvial entrelaçado com ocasionais fluxos gravitacionais interpretados no estudo (Miall, 1996). Legenda: SB = barra arenosa; GB = leito de cascalho; SG = fluxo gravitacional.

No geral, a AF1 é caracterizada, principalmente, pela intercalação das 11 litofácies antes citadas, as quais são dispostas em ciclos granodecrescentes representados pela sucessão de estratos rudíticos na base, areníticos no meio/topo e pelíticos no topo e/ou por mesma gradação observada em camadas sedimentares já definidas, estas marcadas pelas litofácies Ch, Cg e Ag. Essa correlação é observada na figura 23, talvez a melhor representação desta associação, a qual indica continuidade do furo de sondagem SR-06 com perfil superficial próximo; destaca-se a presença de um corpo de fonolito, na base.

O sistema fluvial entrelaçado, em questão, apresenta, comumente, conglomerados maciços ou imbricados sustentados por matriz arenosa (Cmm1) na base, resultados de fluxos trativos unidirecionais de alta energia. Acredita-se que o mesmo padrão de transporte tenha colaborado para a formação da litofácies Ccm2, entretanto com menor intensidade que a anterior, o que foi capaz de diminuir visivelmente a quantidade de matriz e de originar sustentação por clastos e maior arredondamento dos mesmos.

Quando o fluxo se torna mais laminar e menos turbulento, é possível identificar estruturas sedimentares como estratificação horizontal e gradação, representadas pelas litofácies Ch e Cg, respectivamente. Ainda como resultado da diminuição da intensidade dessas correntes trativas, há predomínio da deposição de sedimentos arenosos, originando pacotes sedimentares maciços (Am), muitas vezes marcados por um nível conglomerático na base. Essa gradação cíclica ainda pode apresentar situações de transporte favorável à formação de estruturas sedimentares, como formas de leito plano (Ah) e migração de dunas de crista sinuosa (Aa), marcadas por regime de fluxo superior e inferior, respectivamente.

Já as litofácies Pm e Pl são representativas de períodos de cheias dos canais, onde a primeira é formada por decantação de silte e argila em suspensão durante o extravasamento e origem de novas planícies, e a segunda é associada ao retrabalhamento de correntes trativas de muito baixa energia após a deposição do corpo siltoso, originando formas planas. E presença de lamitos arenosos maciços (LAm) interpretados como resultado de fluxos gravitacionais ocasionais como corridas de lama. É comum observar cores esverdeadas associadas a estes tipos de litofácies pelíticas, o que se deve à presença de argilominerais esmectitíticos originados a partir do intemperismo acentuado (Riccomini *et al.*, 2004).

Esse típico sistema fluvial tem grande representatividade na bacia de Resende, que possui três áreas-fontes principais: as rochas alcalinas do maciço alcalino de Itatiaia a noroeste; rochas metamórficas do embasamento cristalino ao sul, trazidos de numerosas drenagens alimentadoras; e detritos (principalmente gnaisses e cataclasitos) provenientes das zonas de falha da borda principal da bacia (norte).

5.3.2. Porção proximal de leques aluviais (Associação de Fácies 2):

Situada próxima à região norte da área estudada, a Associação de Fácies 2 (AF2) é representada por sete litofácies rudíticas (Cmm1-Cmm2-Ccm1-Ccm2-Cg-Ch-Ca), três areníticas (Am-Ag-Ah-Aa) e duas pelíticas (Pm-LAm). Algumas destas litofácies, em conjunto, são bem evidenciadas na figura 24 (SR-04).

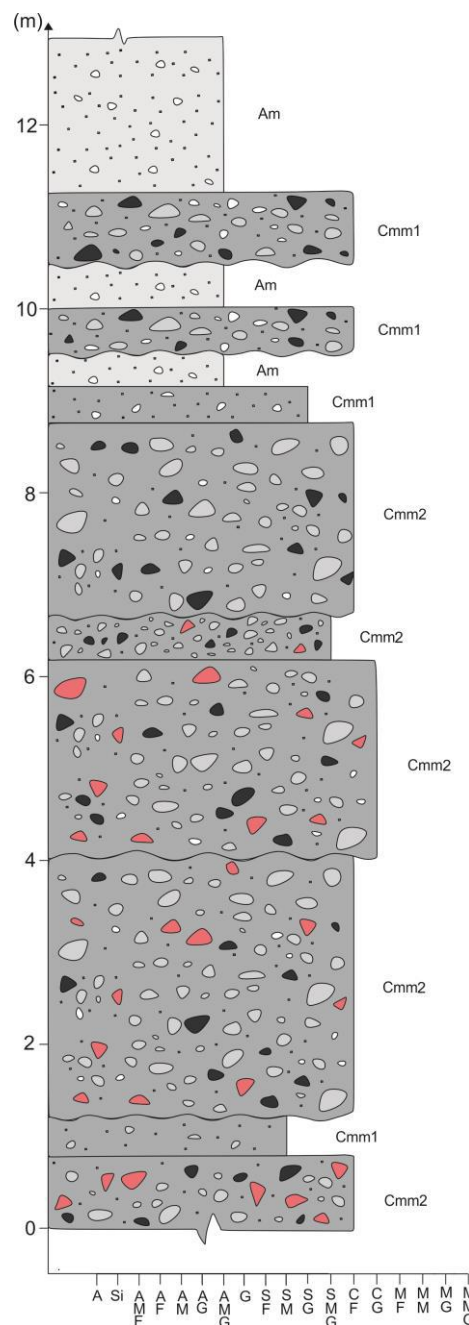


Figura 24: Perfil estratigráfico do testemunho do poço SR-04, na região da INB, com destaque para espessura dos pacotes sedimentares e distinta composição mineralógica dos clastos. Estes pacotes estão posicionados sob as sucessões da AF1. Coordenadas UTM: 0535910/7511617.

A AF2 representa bem a predominância de pacotes sedimentares rudíticos, comumente espessos, marcados ocasionalmente por contato erosivo em sua base, intercalados com camadas areníticas e pelíticas, as quais indicam episódios de menor energia. A AF2 está relacionada às porções proximais de leques aluviais, acima do ponto de interseção, a partir do qual o desconfinamento dos canais acontece (Figura 25).

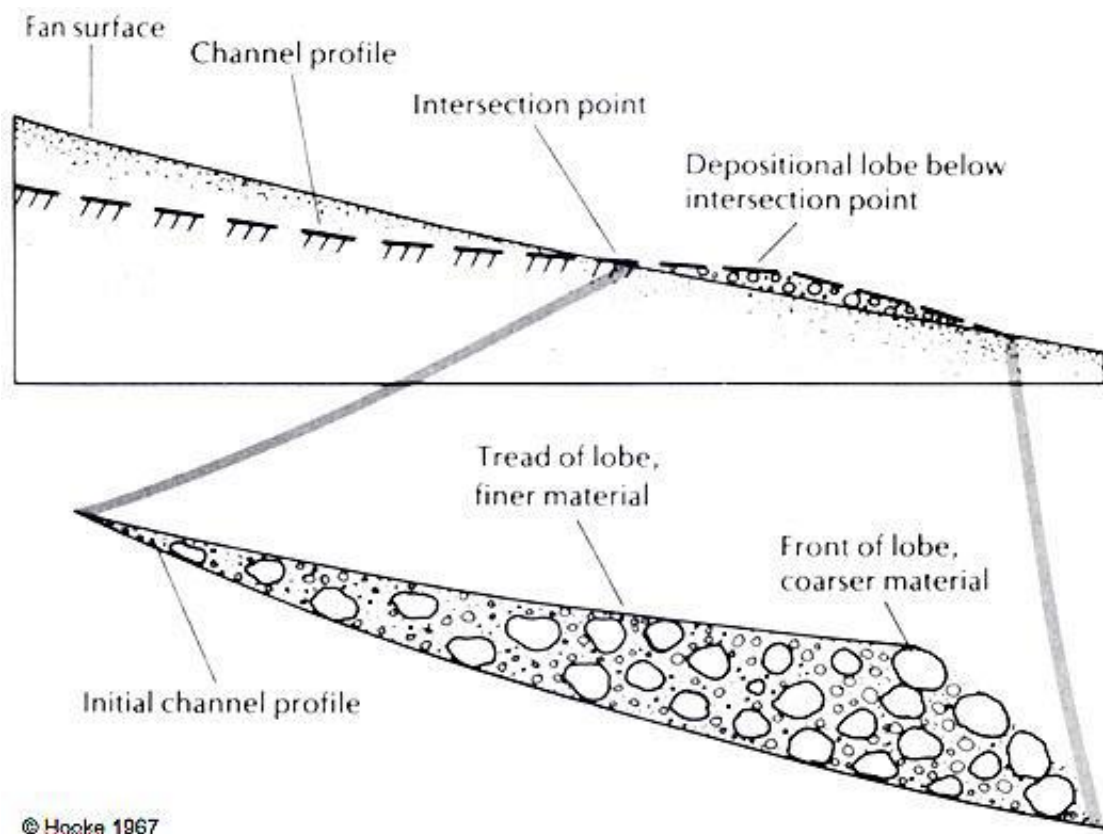


Figura 25: Diagrama esquemático evidenciando a mudança de feição a partir do ponto de interseção de um leque aluvial (Hooke, 1967).

As sucessões sedimentares reunidas na AF2 tendem a apresentar um predomínio de pacotes rudíticos espessos e camadas areníticas e pelíticas com menor espessura. Esse padrão infere que os presentes depósitos foram controlados, principalmente, por fluxos gravitacionais e fluxos trativos de alta energia, sugerindo uma proximidade com uma área fonte de relevo com maior gradiente.

Esses depósitos proximais de leques aluviais estão restritos à borda sul do maciço alcalino de Itatiaia, sendo assim, é notável a proveniência de detritos de origem alcalina caracterizando bem as sucessões. Tendo estes detritos alcalinos como fonte de clastos, os depósitos sedimentares rudíticos e areníticos possuem normalmente cores claras (branco e cinza). Entretanto, nota-se também, em menor quantidade, a presença de fragmentos de rochas metamórficas do embasamento em pontos mais a leste (próximo ao leque de Penedo) e a sul (área da INB) da região de estudo (Figura 26). A participação de detritos metamórficos nesses depósitos indica a proximidade dos leques aluviais com o embasamento pré-cambriano, que deve constituir uma faixa situada entre a bacia e o maciço do Itatiaia, atualmente encoberta.

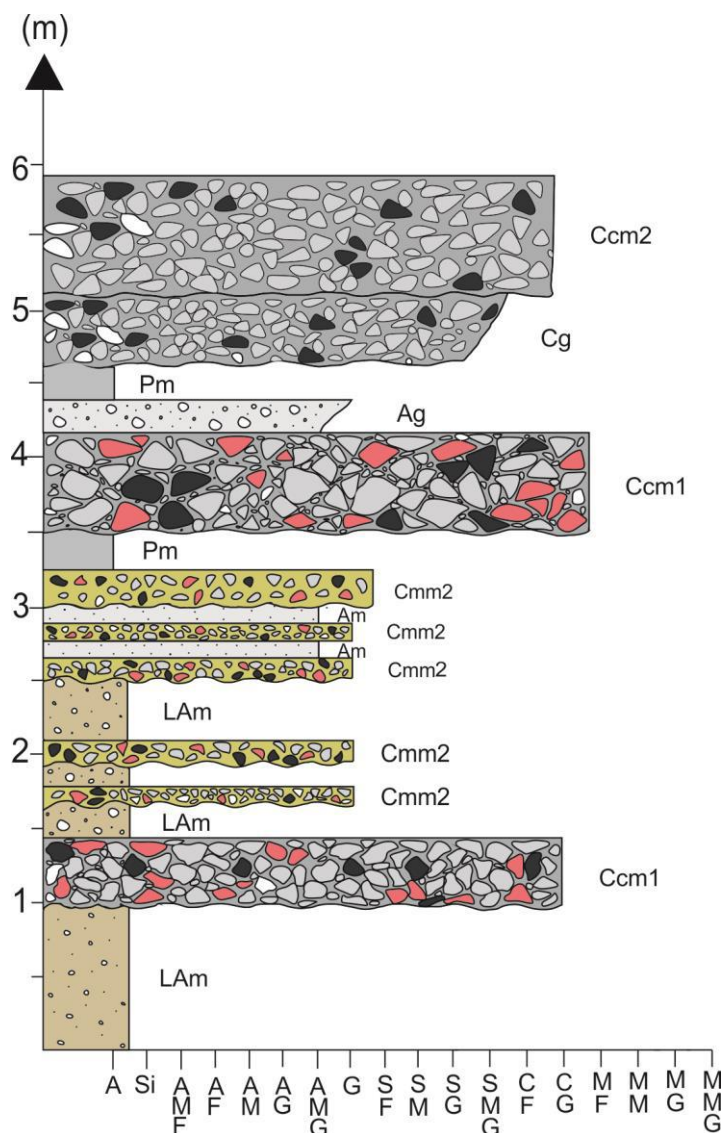


Figura 26: Perfil estratigráfico de depósito proximal de leque aluvial, evidenciando a presença de clastos de rochas do maciço alcalino e do embasamento. Coordenadas UTM: 0545987/7515310 (Ponto 10).

Ao observar a estratigrafia, percebe-se que a disposição dos pacotes sedimentares tem relação com processos de transporte episódicos individuais, os quais sofrem influência das variações climáticas sazonais. Os processos de maior energia estão correlacionados à fluxos de detritos coesivos e não coesivos de alta a média energia, representados por conglomerados maciços sustentados por matriz lamosa (Cmm2) e conglomerados maciços sustentados por clastos subangulosos a angulosos (Ccm1), respectivamente. A presença de maior porcentagem de matriz lamosa na litofácies Cmm2 e maior espessura ocasional dos pacotes sedimentares indicam processo de alta competência, o que foi capaz de carregar grandes fragmentos de rocha durante o fluxo. No entanto, quando o fluido do transporte tornou-se menos viscoso devido à diminuição da quantidade de lama, ocasionou-se sustentação por clastos (Ccm1), consequentemente.

A parte proximal desse leque aluvial também é caracterizada por depósitos de canais formados por correntes trativas de intensidades variadas (canais distributários). Fluxos trativos de maior energia, correlacionados aos fatores clima e relevo acentuado, originaram conglomerados maciços sustentados por matriz arenosa (Cmm1) ou por clastos subarredondados (Ccm2). No entanto, quando a energia do transporte encontrava-se relativamente baixa, foi possível a formação de estruturas sedimentares em regime de fluxos variados, representados pelas litofácies Cg, Ch e Ca (Figura 27).

Comumente, as camadas conglomeráticas apresentam feições de contato erosivo em sua base, onde são identificados pacotes areníticos e pelíticos, os quais são dispostos em formatos tabulares ou lenticulares. As estruturas sedimentares formadas durante a deposição dos sedimentos de tamanho areia a partir de processos distintos – correntes trativas em regime de fluxo inferior (Am e Aa), regime de fluxo superior (Ah) e desaceleração de correntes (Ag) – também evidenciam modificações pós deposicionais da superfície dos leques por fluxos trativos (Ramos *et al.*, 2005). Já as litofácies pelíticas da AF2 foram originadas tanto por corridas de lama de alta energia, formando lamitos maciços com grãos de tamanhos variados (LAm), quanto por decantação de carga suspensiva em ausência de fluxos de maior intensidade (Pm).

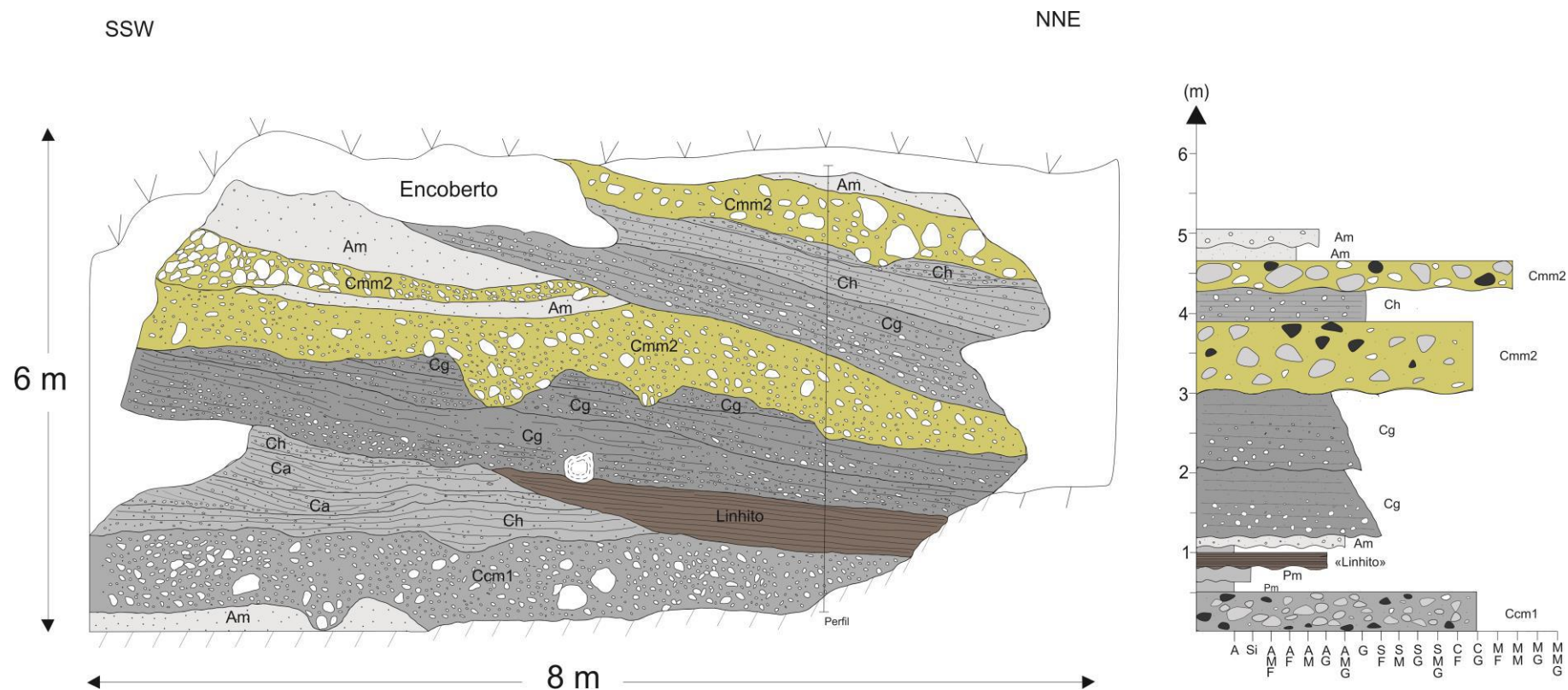


Figura 27: Seção tipo do porção proximal do Membro Itatiaia da Formação Resende com sua perfil correspondente. É notável a predominância de litofácies rudíticas em relação às areníticas e pelíticas. Coordenadas UTM: 0543706/7513189 (Ponto 1).

5.3.3. Canais entrelaçados do sistema de leques aluviais (Associação de Fácies 3):

A Associação de Fácies 3 (AF3) encontra-se restrita à duas áreas: uma ao norte da Estação Rodoviária de Itatiaia e outra ao norte da Rodovia Presidente Dutra, próxima à barragem de Nhangapi. Essa correlação de litofácies é representada por duas rudíticas (Cmm1-Ccm1), duas areníticas (Am-Ag) e duas pelíticas (Pm-LAm).

Apesar de não ser tão frequente como a AF2, a AF3 ajuda a interpretar melhor o contexto dos depósitos de leques aluviais na região. Devido à sua área representativa e proximidade com as bordas escarpadas do maciço, infere-se que os leques aluviais compunham um sistema isolado e não coalescente, com origem relacionada aos entalhamentos mais relevantes da geomorfologia local. E também, com as informações adquiridas pelo conhecimento sobre as sequências sedimentares deste ambiente, pode-se enfatizar que o tamanho desses leques aluviais era relativamente pequeno, já que os depósitos compostos por fácies mais distais encontram-se a cerca de 250-300 m da borda de falha principal WSW-ENE (Ramos, 2003).

A partir do mapeamento, foi observada uma diminuição na granulometria dos depósitos no sentido norte-sul. No sentido sul, os espessos depósitos rudíticos proximais começam a perder sua representatividade, dando lugar a pacotes de ruditos mais finos e maior porção de arenitos e pelitos intercalados, evidenciando fácies medianas a distais em um ambiente fluvial entrelaçado relacionado ao sistema de leques aluviais (Figura 28). Os detritos de rochas alcalinas predominam amplamente, o que sugere o carreamento desse material até essas “longas” distâncias.

Feições do tipo entrelaçado podem ter origem associada aos fluxos de baixa energia ocasionado por períodos de inundação de canais principais ou entalhamento dos depósitos primários a partir de fluxos de detritos e fluxos em lençol (Blair & McPherson, 2009). Como resultado são formados depósitos/lóbulos com baixa quantidade de clastos, representados por conglomerados maciços sustentado por matriz arenosa (Cmm1), com presença de camadas areníticas tabulares e lenticulares (Am e Ag); feições as quais podem ser observadas na figura 29. Ainda que a predominância do transporte nessas litofácies seja correlacionado às correntes trativas, também é possível identificar pacotes conglomeráticos sustentado por

clastos subangulosos e matriz areno-lamosa (Ccm1) referentes à fluxos de detritos, porém de menor intensidade que os dominantes na AF2. Nessa intercalação de litofácies de espessura quase semelhante, ainda se fazem presentes as pelíticas, representadas por pelitos maciços (Pm) e lamitos arenosos maciços (LAM), os quais possuem formação associada à decantação de carga suspensiva em pequenos canais abandonados e nas porções distais de corridas de lama, respectivamente.

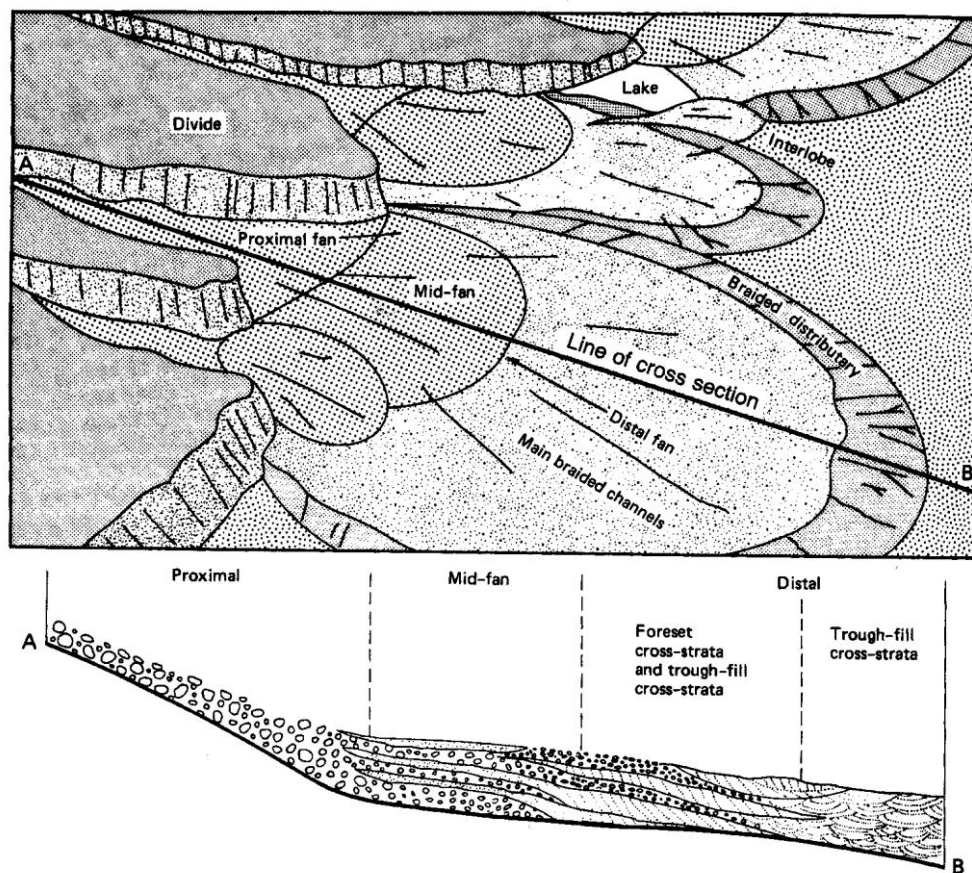


Figura 28: Diagrama evidenciando as diferentes partes de um leque aluvial (Blair & McPherson, 1994).

5.4. Geologia da Área:

De uma maneira mais local, este capítulo aborda e descreve as unidades litológicas observadas durante o mapeamento geológico da borda oeste da bacia de Resende, compreendendo os municípios de Itatiaia e Resende. Serão descritas as características de cada litotipo do embasamento, rochas alcalinas e sucessões cenozoicas encontradas na área. O mapa confeccionado distingue seis unidades de mapeamento e podem ser representadas como:

5.4.1. Embasamento cristalino:

Tendo idade de cristalização inicial associada ao Proterozoico, as rochas do embasamento cristalino encontram-se expostas e, em maioria, deformadas em alguns pontos da área estudada. Esse metamorfismo atuante, que rendeu graus distintos de deformação nestas rochas proterozoicas, tem relação com o Cinturão Móvel Ribeira, que modificou suas texturas durante a orogênese Brasileira (Cordani *et al.*, 1973; Hasui *et al.*, 1975 *apud* Ramos, 2003).

Durante o mapeamento da porção sul da área de estudo, encontraram-se variados tipos de granitoides que foram diferenciados de acordo com seu grau de metamorfismo. Logo a sul do município de Itatiaia, notam-se taludes já afetados bruscamente pelo intemperismo, além do desgaste feito pelo trabalho humano como construção de aterros sanitários e expansão de centros habitacionais. Dispostos em sequência a norte e a noroeste da antiga pedreira do Funil e paralelos ao leito do Rio Paraíba do Sul, esses taludes são definidos já por uma mistura de material pedogenizado no topo e rochas cristalinas bastante alteradas na base.

Exatamente a sul da cidade de Itatiaia, é possível observar rochas de coloração acinzentada com características graníticas ainda distinguíveis, apesar de seu estado mais alterado onde muitos dos minerais feldspáticos se apresentavam já na forma de caulim. Foi possível caracterizar uma textura porfirítica devido aos cristais identificáveis de K-feldspato de até 4,5 cm. Em um total, pode ser atribuída à rocha uma granulação média a fina, caracterizada por cristais equigranulares, em maioria milimétricos, de quartzo, plagioclásio, biotita, clorita e outros não identificáveis macroscopicamente, entretanto esses últimos não

foram representativos para identificação da rocha em virtude de suas baixas porcentagens. Devido à composição mineral e sua proporção estimada, foi dada à rocha a denominação de metagranitoide, já que foi observada uma leve orientação SW-NE nos cristais de biotita.

Já a sudoeste da cidade de Itatiaia, registra-se ainda a presença de metagranitoides, porém estes apresentam feições menos intemperizadas que seus correspondentes antes citados. Nessa localização já é possível observar lajedos compostos por essas rochas cristalinas “frescas”, além dos habituais taludes alterados. Apesar da composição mineralógica ser semelhante, os metagranitoides dessa posição apresentam maiores traços de metamorfismo, onde o *trend* de orientação SW-NE dos minerais micáceos se mostra mais em destaque, indicando que a zona de metamorfismo teve maior atuação nessa região.

Na área pertencente às Indústrias Nucleares do Brasil (INB), a sudoeste da área de mapeamento, é notável uma lente de quartzito com centenas de metros de extensão que caracteriza o relevo local como uma crista de morro (Figura 30a). Esta lente apresenta orientação ENE-WSW (*strike* 56°-236°) e está associada às principais zonas de cisalhamento regional. Ainda é possível observar rochas de características migmatíticas ao redor da espessa lente, semelhantes a um biotita-gnaiss, e feições claramente deformadas devido ao maior grau de metamorfismo na região (Figura 30b); Pereira (2001 *apud* Ramos, 2003) caracteriza esses migmatitos com estruturas estromáticas, *schlieren* e dobradas, além de enfatizar que o caráter milonitizado da rocha foi originado a partir da intensa deformação que afetou a região ao longo da borda principal da bacia sedimentar.

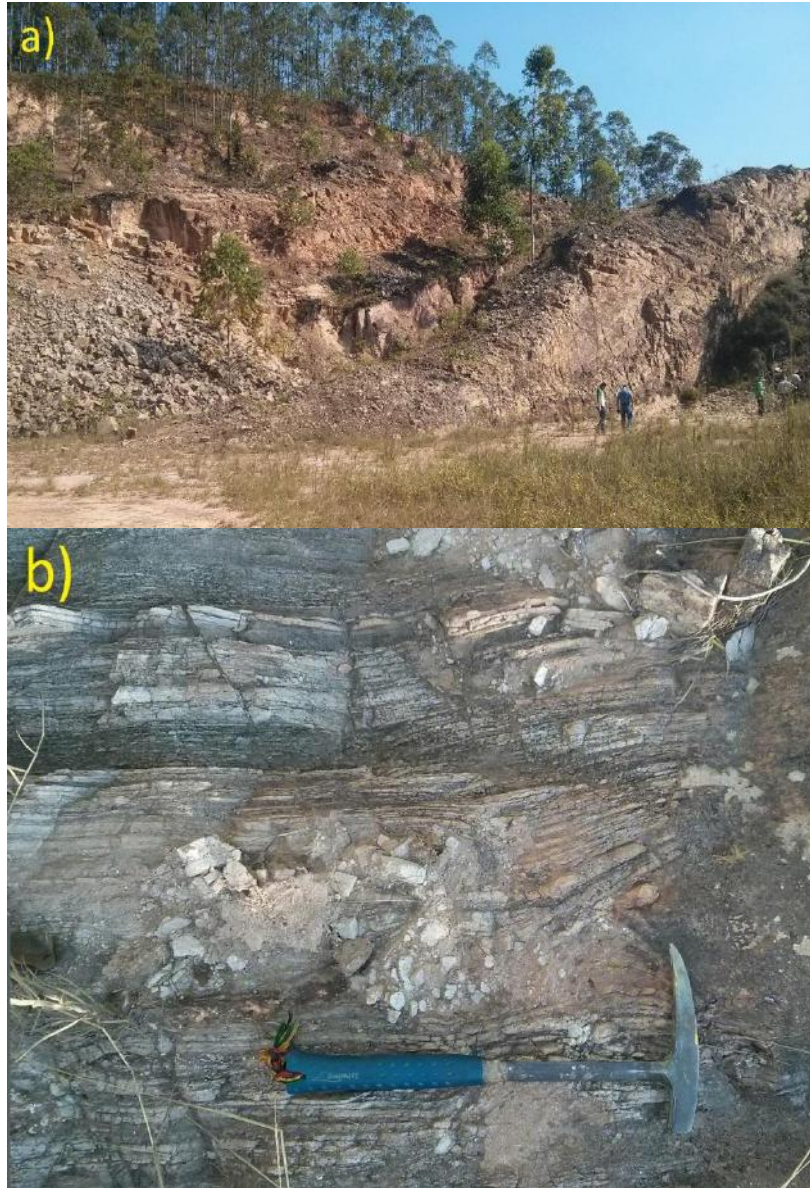


Figura 30: Antiga pedreira localizada em um dos pontos mais altos da área pertencente à INB. Coordenadas UTM: 0534944/ 7509375 (Ponto 21). **a)** Lente de quartzito de orientação ENE-WSW. **b)** Migmatito com foliação evidente; Sn: 326°/79°.

5.4.2. Rochas alcalinas:

As rochas cretáceas desta intrusão alcalina perfazem uma área total de 221 km² e apresentam diferenças relacionadas à: forma do corpo intrusivo, textura, granulação, coloração e composição mineralógica. Encontradas na região norte da área mapeada, essas rochas dispõem-se comumente na forma de lajedos, seja em beira de estradas ou leitos de rios, porém ainda é possível identificar a localização dessas litologias a partir do amontoado

de blocos e matacões de escalas até métricas, característica observada principalmente em drenagens (Figura 31). A grande quantidade desses blocos e matacões em conjunto indica uma evidente proximidade com o maciço alcalino, interpretando-se assim que tal volume acumulado representa a identificação da unidade estratigráfica referida neste item. Apesar do foco deste trabalho se direcionar para os sedimentos clásticos e não haver análise petrográfica para descrição minuciosa, foram notadas, macroscopicamente, diferenciações litológicas em relação às rochas alcalinas durante o mapeamento. Sendo assim, com a ajuda do estudo petrográfico em lâminas delgadas confeccionadas a partir de dezenove amostras de Ribeiro Filho (1967) sobre o maciço alcalino do Itatiaia, foram identificados litotipos classificados como quartzo-sienitos, foiaítos, brechas magmáticas, milonitos, diques, nefelina-sienitos e sienitos com outros feldspatoides relacionados.



Figura 31: A imagem aponta um padrão comum de grande quantidade de blocos soltos e de tamanhos expressivos sobre drenagens próximo a subida para maciço alcalino do Itatiaia (Ponto 27).

Ribeiro Filho (1967) relatou dificuldade para a delineação dos contatos na região do maciço do Itatiaia devido às constantes irregularidades composicionais. De toda a área por ele mapeada, aproximadamente 85% são representados por sienitos, enquanto o resto se deve a quartzo-sienitos e brechas magmáticas em menor quantidade. Também é importante

ressaltar a presença de zonas milonitizadas e diques de rochas alcalinas de granulação muito fina a fina (fonolitos e traquitos) que cortam tanto o maciço alcalino como o embasamento proterozoico.

Em um resumo geral referente ao estudo de Ribeiro Filho (1967), sobre os nefelina-sienitos (Figura 32) e referentes sienitos com feldspatoides é possível notar sua predominância nas bordas e porções de menor altitude do maciço, e apresentam as seguintes características: coloração clara a cinza; granulação variando desde fina a grossa dependendo da localização; textura granular a traquitoide ou poiquilítica em alguns casos; os cristais apresentam formato sub-idiomorfo a idiomorfo; enquanto a nefelina e sodalita são os minerais mais abundantes, chegando a primeira até 40% da rocha, há destaque também para os cristais de micropertita (encontrados em todas as amostras), hornblenda, augita e biotita; ainda são encontradas algumas ocasionais feições porfiríticas e bandamento, além de xenólitos. Já o termo foiaíto foi utilizado para as rochas mineralogicamente semelhantes a um nefelina-sienito, porém com textura traquitoide.



Figura 32: Exemplo de nefelina-sienito com feição interna fresca presente na região.

5.4.3. Formação Resende:

Descritas e caracterizadas desde as primeiras revisões estratigráficas da bacia de Resende, as sucessões paleogênicas e neogênicas da Formação Resende perfazem a maior área e volume dos depósitos sedimentares encontrados na região bacinal. Ainda que esta unidade seja subdividida em Membro Itatiaia e Membro Acácias na estratigrafia geral da bacia, também existe uma divisão para sua face *stricto sensu*, que está em contato lateral e gradacional com os dois Membros. Assim, essa sub-unidade pode ser individualizada como Formação Resende *stricto sensu* pois apresenta aspectos característicos em relação aos outros Membros da unidade – Formação Resende – como composição mineralógica, processos formadores e características litofaciológicas. Padrões notáveis também foram evidenciados durante o mapeamento em questão ao Membro Itatiaia, sendo possível analisar este minuciosamente e subdividi-lo em fácies proximal e fácies mediana a distal.

Por falta de recursos obtidos na bacia de Resende, a idade da Formação Resende foi obtida através da correlação com a unidade homônima na bacia de Volta Redonda; formas bacinais que possuem gênese associada ao RCSB. Riccomini *et al.* (1983) realizou uma datação através do método K-Ar de uma rocha ultrabásica denominada ankaramito, a qual se encontrava intercalada com os depósitos da Formação Resende, o resultado forneceu idades aparentes mínimas de $43,8 \pm 6,2$ e $41,7 \pm 5,7$ Ma (Eoceno Médio). Também foi realizada, por Freitas & Appi (1987), uma correlação de nível de calcrete com presença de lantanita (Nd) nas bacias de Resende e Taubaté, o qual foi determinado como marco estratigráfico; a datação foi feita a partir de ossos de aves encontrados em camada pelítica abaixo desse *datum*, indicando idade entre 33,7 e 28 Ma (Eo-Oligoceno). Sendo assim, acredita-se que a idade desta unidade seja eocênica-oligocênica.

5.4.3.1. Formação Resende *stricto sensu*:

Esta unidade pode ser classificada como a representação das sucessões fluviais mais típicas da Formação Resende e constituída pela AF1. Na área de estudo, pode ser encontrada dentro do território pertencente às Indústrias Nucleares do Brasil (INB), a sul da Rodovia Presidente Dutra, próximo ao Reservatório do Funil.

Durante o mapeamento geológico, a Formação Resende *stricto sensu* foi identificada através de características marcantes como ciclos granodecrescentes alternados, marcados por conglomerados acinzentados maciços a gradados com estratificação horizontal, na base, ascendendo para camadas areníticas amareladas/esverdeadas de composição arcoseana, com típicas estruturas sedimentares fluviais, e estratos pelíticos esverdeados finos de natureza esmetctítica, no topo (Figura 33).

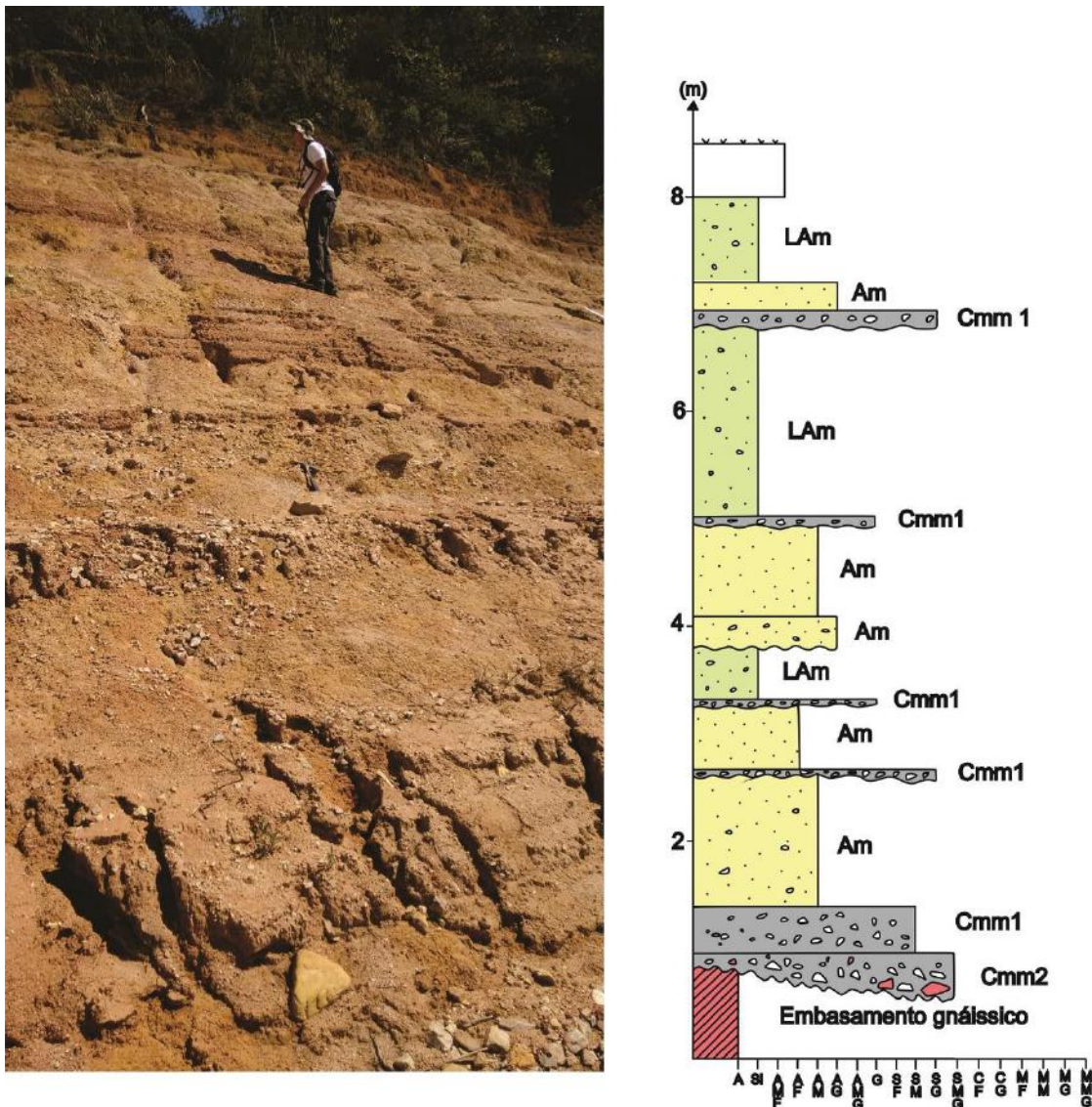


Figura 33: Perfil estratigráfico confeccionado em visão ao talude do Reservatório do Funil, na INB (Ponto 32). Trate-se da representação da Formação Resende *stricto sensu*, porém com destaque para o embasamento proterozoico e estrato rudítico do Membro Itatiaia, na base.

Como mencionado na descrição da AF1, infere-se que o ambiente de formação desses depósitos seja um semelhante a um sistema fluvial entrelaçado com fluxos gravitacionais

episódicos, os quais estariam relacionados à uma acentuada atividade tectônica durante o desenvolvimento do hemi-gráben e às chuvas de maior intensidade. Acredita-se que esse sistema fluvial tenha recebido sedimentos de ambas as bordas da bacia e fragmentos de rochas de zonas de falha, causando, assim, uma heterogeneidade do material depositado. Entretanto a composição predominante dos depósitos é caracterizada por sedimentos erodidos de quartzo de veios e pegmatitos; por outro lado, ainda são distinguíveis os materiais provenientes das rochas do maciço alcalino e do embasamento, porém em menor quantidade. Ainda que a Formação Resende *stricto sensu* tenha relação com fluxos gravitacionais formadores de ocasionais depósitos rudíticos, esta é eminentemente composta por arenitos finos e pelitos, na área de estudo.

5.4.3.2. Membro Itatiaia - Fácies proximal:

Esta sub-unidade é representada por sequências sedimentares oriundas dos leques aluviais formados pela borda de falha principal de direção ENE-WSW no maciço alcalino do Itatiaia e pode ser correlacionada à AF2. Na região de estudo, é possível observar que estes depósitos se encontram restritos à borda sul do maciço e se posicionam até a sul da Rodovia Presidente Dutra, tendo contato geológico demarcado por diferença litológica e mudança de relevo.

Esta porção proximal do Membro Itatiaia é caracterizada por intercalações de pacotes rudíticos acinzentados comumente espessos, arenitos esbranquiçados maciços ou com estruturas sedimentares causadas por correntes trativas durante ou posteriormente à deposição, e camadas pelíticas avermelhadas finas oriundas da decantação de carga suspensiva ou mais grossas, com presença de sedimentos de maior granulometria, representado fluxos gravitacionais de maior energia como corridas de lama (Figura 34).

As fácies rudíticas são as mais predominantes nessa unidade, principalmente as litofácies Cmm2 e Cmm1. No geral, os depósitos conglomeráticos são bem abrangentes no sopé do maciço alcalino e alguns chegam a apresentar espessura superior a 4 m. Estes pacotes representam bem os processos gravitacionais e trativos de alta energia oriundos dos ambientes de leques aluviais, associados a períodos de maior tectonismo na bacia. É importante ressaltar que a proveniência de clastos nos conglomerados do Membro Itatiaia é

predominantemente de origem alcalina – os quais apresentam formato arredondado a subarredondado devido à esfoliação esferoidal na área fonte e não por causa de seu processo de transporte – atribuindo assim uma coloração acinzentada/esbranquiçada para as rochas, e com baixa porcentagem de arcabouço quartzoso e de litoclastos do embasamento cristalino.

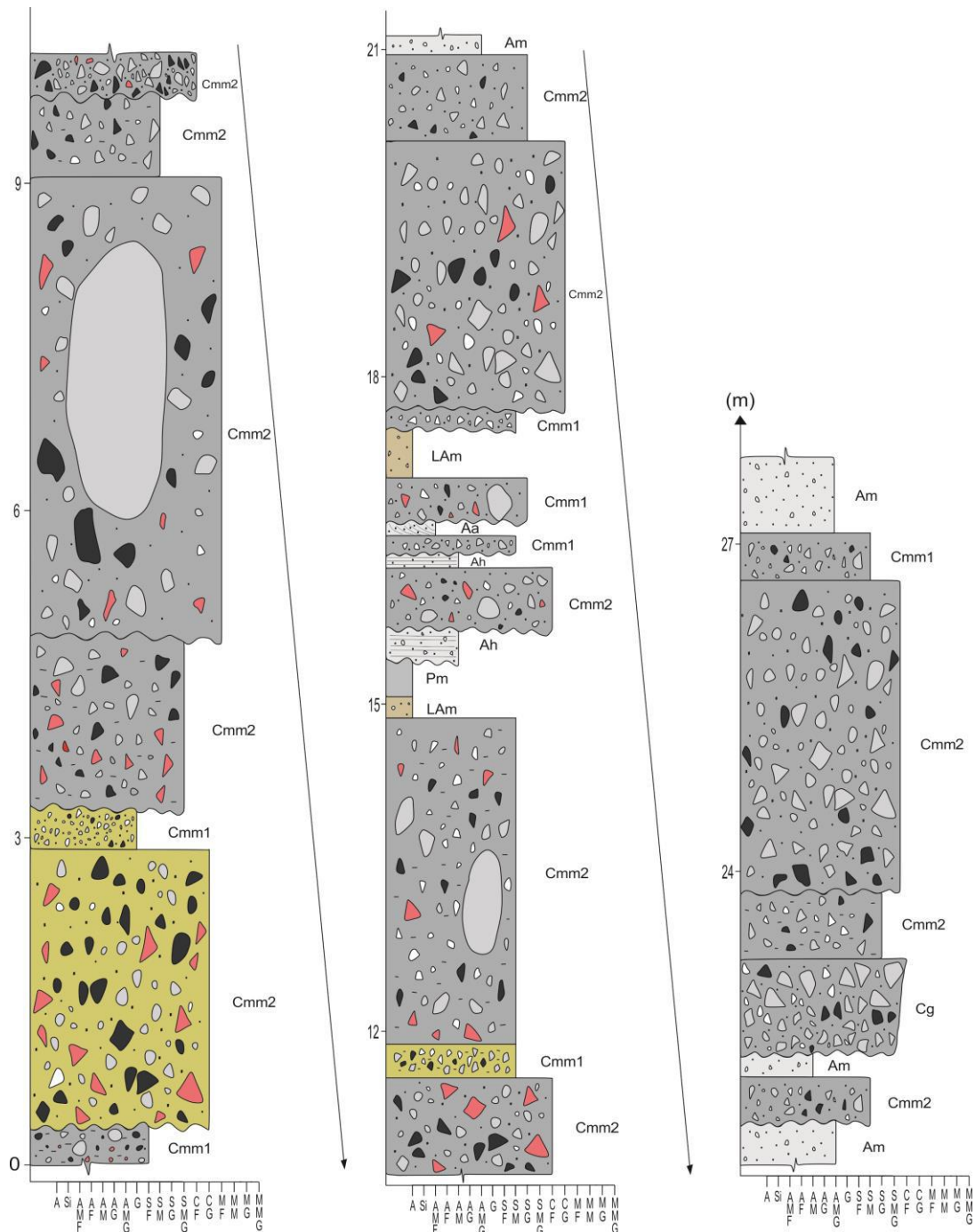


Figura 34: Perfil estratigráfico do testemunho retirado do poço SR-03, na INB, com destaque para o espessamento das camadas e tamanho dos clastos. Coordenadas UTM: 0537475/7511508.

5.4.3.3. *Membro Itatiaia – Fácies mediana a distal:*

Esta porção mediana a distal do Membro Itatiaia é restrita às duas áreas marcadas por feições distributárias, uma a norte da barragem de Nhangapi e outra a leste da área de estudo, próximo ao leque de Penedo. Esta unidade representa a continuação estratigráfica lateral das fácies proximais do Membro Itatiaia, também oriunda dos processos relacionados ao maciço alcalino, e pode ser caracterizada pela AF3.

Diferentemente da porção proximal, esta já apresenta depósitos conglomeráticos acinzentados mais arenosos e de espessura mais fina, intercalados a pacotes areníticos esbranquiçados de melhor seleção e pelíticos avermelhados de maior expressão, dispostos em sequências granodecrescentes, representando maior distância da borda de falha dos leques aluviais isolados (Figura 35).

Nota-se que a participação dos fluxos gravitacionais nessa unidade é menor, dando lugar a predominância de correntes trativas de intensidades variadas. Interpreta-se que a fácies mediana a distal do Membro Itatiaia possui gênese associada aos canais entrelaçados relacionados aos leques aluviais do maciço alcalino do Itatiaia. Sendo assim, fluxos trativos de alta energia foram responsáveis pela deposição de sedimentos mais grossos, originando conglomerados maciços com maior porcentagem de matriz arenosa ou areno-lamosa (Cmm1 e Ccm1), na base. Também é importante ressaltar a presença de lamitos arenosos (LAm), que representam fluxos gravitacionais do tipo corrida de lama relacionados às épocas de maior intensidade de chuvas. A variação de intensidade das correntes trativas e os padrões distintos de um sistema fluvial entrelaçado levaram a formação de camadas finas a médias, tabulares a lenticulares, de arenitos com boa seleção de grãos (Am e Ag). Já no topo das sequências, podem-se observar pacotes sedimentares finos de pelitos (Pm), formados em pequenos canais abandonados. Todo este contexto da unidade pode ser bem exemplificado através da figura 36.

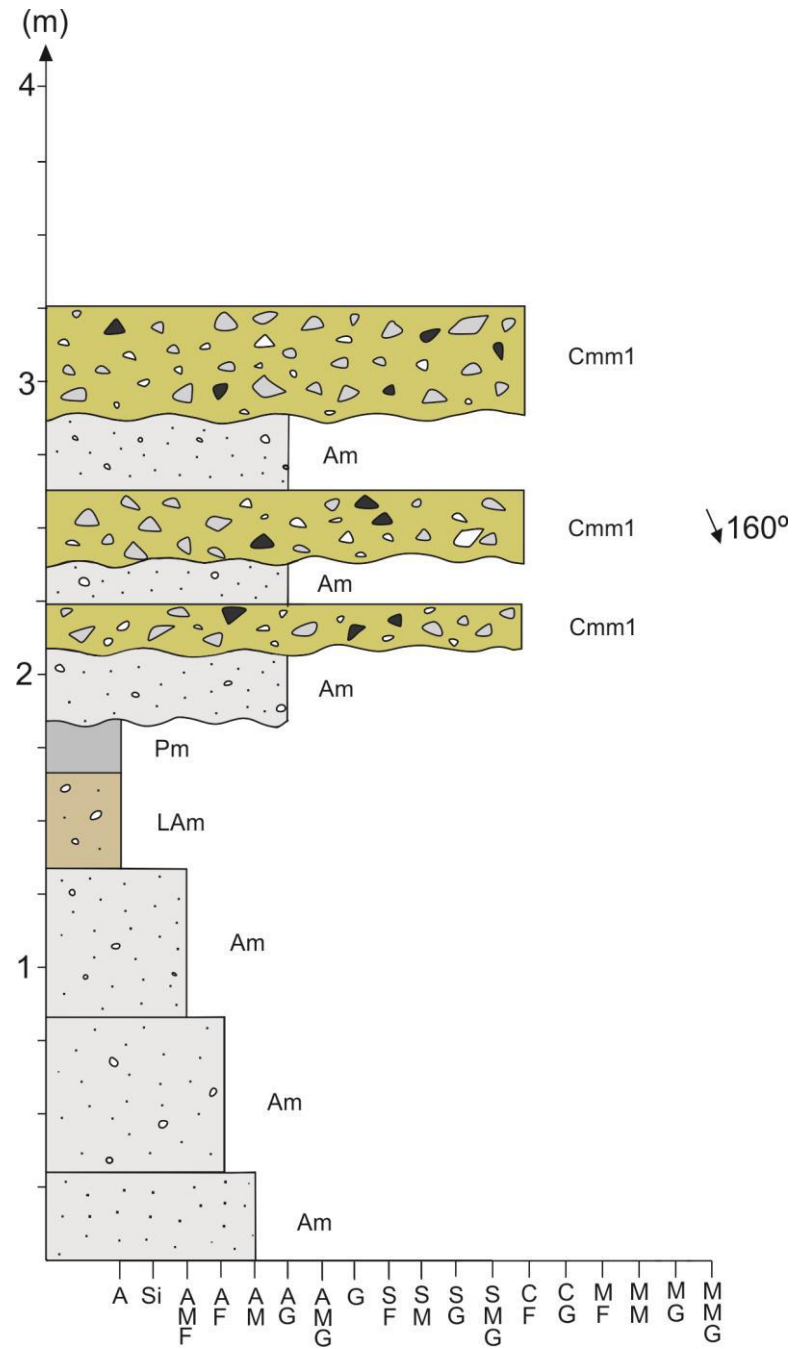
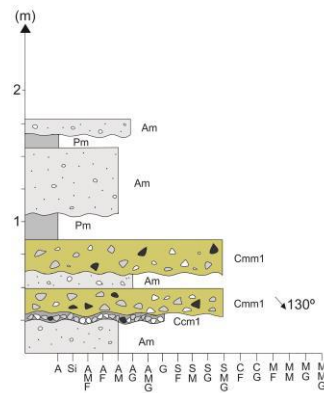


Figura 35: Perfil estratigráfico de uma feição mais distal de um sistema de leque aluvial, apresentando imbricação de clastos, sugerindo feições mais trativas. Coordenadas UTM: 0544859/7514016 (Ponto 19).

Perfil 1



Perfil 2

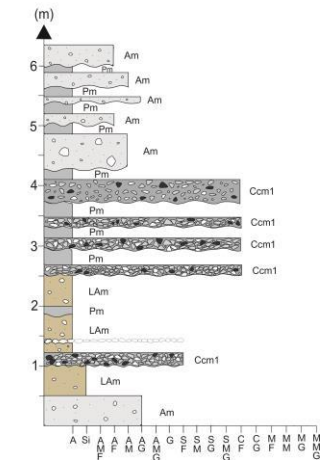


Figura 36: Afloramento representado pela porção mediana a distal do Membro Itatiaia da Formação Resende, com perfis esquemáticos representativos indicando feições mais tratativas. Coordenadas UTM: 0545098/7513927 (Ponto 7).

5.3.4. Sedimentos quaternários:

Com grande representatividade na área mapeada, estes sedimentos de idade pleistocênica e holocênica são representados por extensas faixas de depósitos consolidados ou inconsolidados, quando a erosão se fez mais presente. Foi possível perceber a predominância dessas faixas durante o mapeamento, onde finas a espessas camadas coluvionares de material “recente” cobrem, comumente, todas as unidades litológicas expostas na área, enquanto que os depósitos inconsolidados são observados com maior expressão nas regiões marginais ao Reservatório do Funil (Figura 37).

Esta unidade é caracterizada por sedimentos quartzosos e feldspáticos, variando de tamanho grânulo a calhau, porém os mais expressivos são o de granulometria seixo. Apresentam formato bem arredondado e podem ser marcados como arcabouço em meio a uma matriz arenosa também arredondada, quando consolidados. Ainda nestes pacotes, é possível observar estruturas sedimentares como estratificações horizontais e imbricação de clastos, como mostrado no topo do perfil da figura 38.

Interpreta-se que esses sedimentos quaternários tenham sido transportados pelas drenagens que cortam o relevo da região, o que causou o formato arredondado da grande maioria destes fragmentos de rochas e minerais. Sua predominante abrangência na área de estudo, seja representada por material consolidado ou inconsolidado, revela o efeito da atuação das drenagens “recentes” sobre a bacia, as quais se encontram bem exemplificadas pela geomorfologia atual da região, causando tal tipo de sedimentação sobre todas as unidades litoestratigráficas.



Figura 37: Sedimentos quaternários inconsolidados sobre o talude do Reservatório do Funil, na INB.

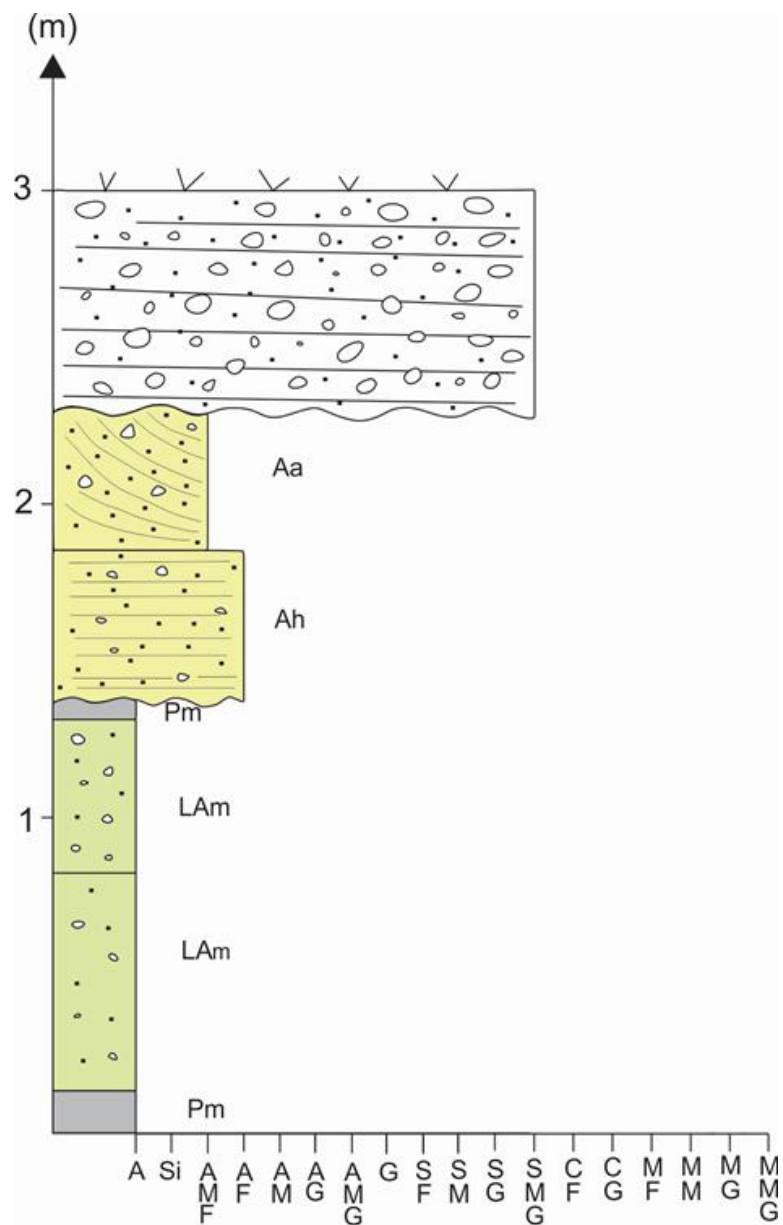


Figura 38: Perfil estratigráfico característico da Formação Resende stricto sensu, com detalhe para um pacote sedimentar quaternário consolidado, no topo, ainda com representação de estratificação horizontal. Coordenadas UTM: 0535650/7511316 (Ponto 22).

6. CONCLUSÕES:

Diferentemente dos estudos anteriores sobre a referida bacia, foi possível individualizar e correlacionar internamente o Membro Itatiaia, separando-o em fácies proximal e fácies mediana a distal. Essa distinção é identificável devido às diferenças litofaciológicas destacadas durante o mapeamento da área, onde a porção proximal da unidade apresenta depósitos com maior predominância de conglomerados originados por fluxos gravitacionais e a porção mediana a distal exibe maior representatividade de camadas areníticas e pelíticas, indicando processos trativos e de menor energia.

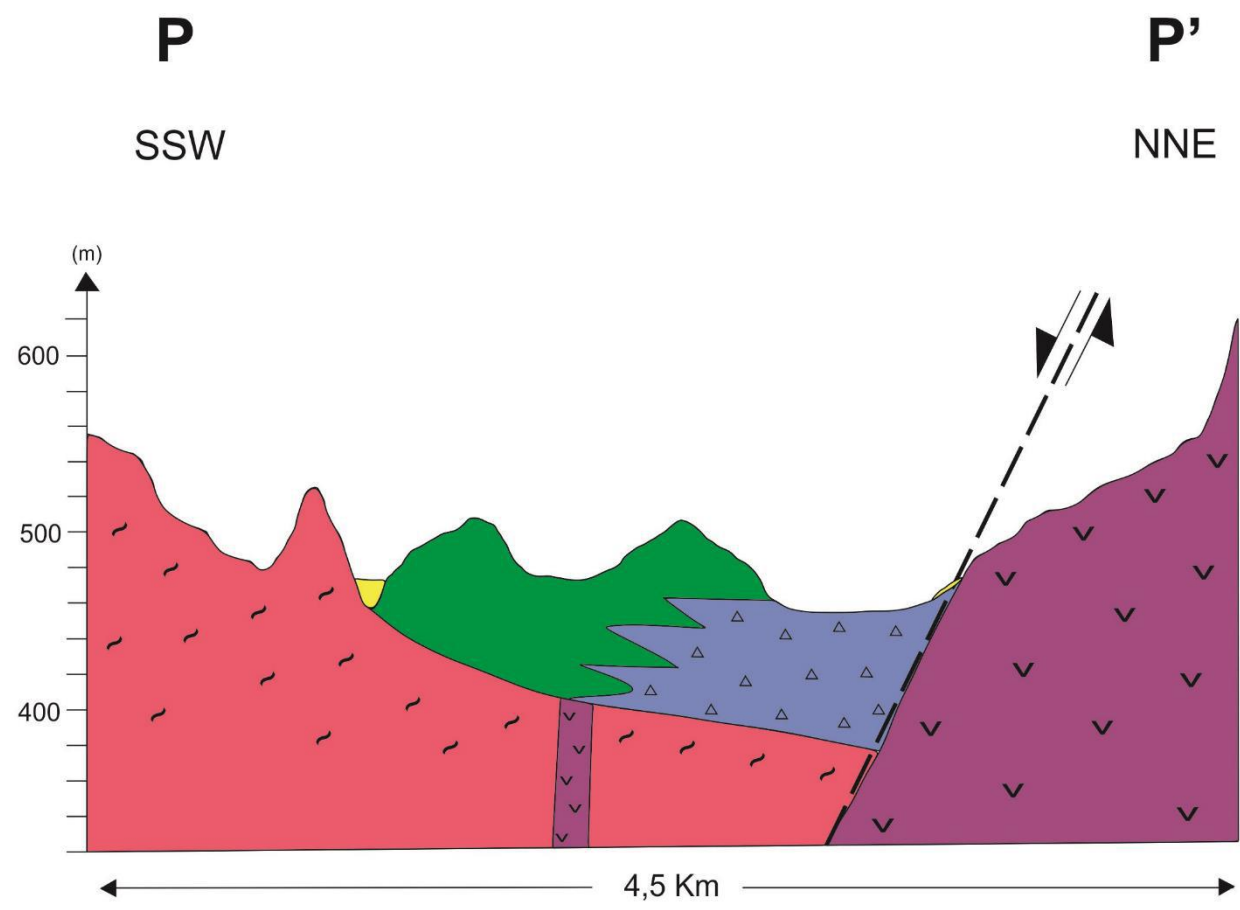
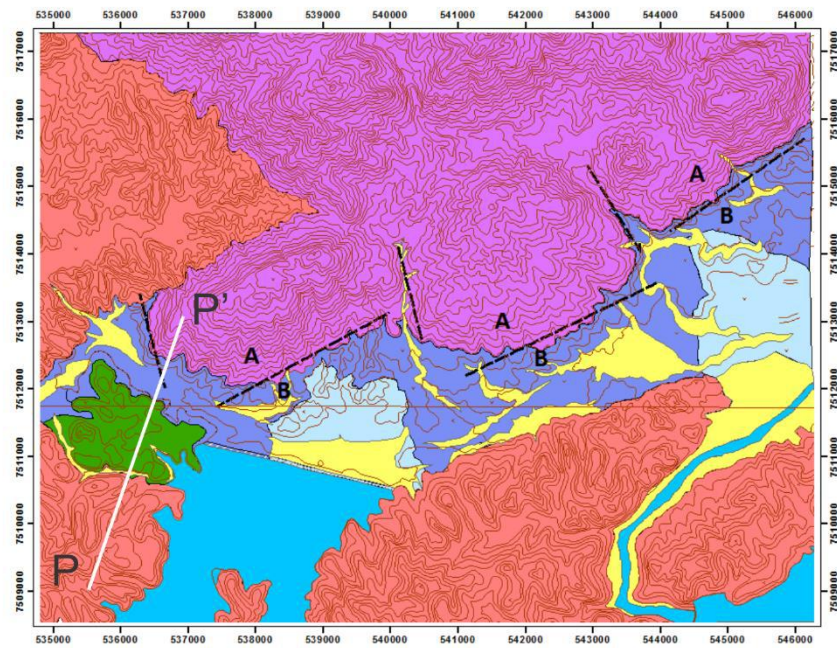
A atividade de mapeamento junto a interpretação de feições morfoestruturais, através do Modelo Digital de Elevação, foram imprescindíveis para traçar e delimitar contatos litológicos e lineamentos/falhas na bacia de Resende. Enquanto o embasamento cristalino é marcado por uma maior rugosidade de relevo, as feições sedimentares cenozoicas se mostram eminentemente planas e de fácil distinção no mapa; já o maciço alcalino do Itatiaia apresenta geomorfologia com picos evidentes, além de drenagens bem marcadas e acentuadas. Interpretou-se que a transição da área dos depósitos sedimentares cenozoicos para o maciço é marcada por falhas principais normais de orientação ENE-WSW e outras secundárias em direção oposta, reiterando assim a ideia de falhamentos ocasionados pelos movimentos distensivos formadores e deformadores da bacia.

Outro aspecto importante notado foi a identificação dos contatos de interdigitação entre os depósitos fluviais da Formação Resende *stricto sensu* e os depósitos de leques aluviais do Membro Itatiaia através de testemunhos descritos na região pertencente à INB, a sudoeste da área mapeada, onde os depósitos rudíticos deste último foram identificados sob as características sucessões fluviais da Formação Resende *stricto sensu*, em alguns pontos. A seção da figura 39 esclarece bem essa ideia, reforçando o que é apresentado nas revisões estratigráficas da bacia de Resende.

É relevante destacar a predominância de detritos provenientes de rochas metamórficas do embasamento proterozoico em alguns depósitos rudíticos do Membro Itatiaia. Como uma característica marcante dessa unidade é a proveniência da grande maioria dos clastos das rochas alcalinas cretáceas do maciço do Itatiaia, essa presença de rochas pré-

cambricas indica proximidade dos leques aluviais com o embasamento, sendo que este último pode ser representado como uma faixa encoberta por depósitos quaternários entre a bacia e o maciço. Em relação a Formação Resende *stricto sensu*, acredita-se que a também heterogeneidade de fragmentos nestes depósitos de rios entrelaçados esteja relacionada à atividade tectônica durante o desenvolvimento do hemi-gráben e à confluência de sedimentos recebidos de diferentes partes da bacia.

A diferenciação de litofácies e suas posteriores associações ajudaram a evidenciar e reconstruir os paleoambientes da região, com destaque para o significativo volume de depósitos formados a partir de leques aluviais. Percebe-se um expressivo domínio da Associação de Fácies 1 (Formação Resende *stricto sensu*) na porção oeste da área de mapeamento, enquanto que a AF2 (Membro Itatiaia – Fácies proximal) está presente por toda a extensão da região seguindo o eixo principal da bacia e a AF3 (Membro Itatiaia – Fácies mediana a distal), com menor representatividade, se encontra restrita a duas áreas, uma ao centro e outra a leste.



Legenda:

- Falha Normal
- Sedimentos quaternários
- Membro Itatiaia - Fácies Proximal
- Formação Resende *stricto sensu*
- Rochas de origem alcalina
- Embasamento cristalino

Figura 39: Seção geológica situada a oeste da área de mapeamento, enumerando a maioria das unidades litoestratigráficas da região e evidenciando a interdigitação entre a Formação Resende stricto sensu e o Membro Itatiaia - Fácies proximal, com detalhe para o dique de origem alcalina sob os depósitos cenozoicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ALLEN, J.R.L. 1970. *Physical process of sedimentation, An Introduction*. G. Allen & Unwin, London, 248 p.
- ALMEIDA, F.F.M. 1976. The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências (Supl.)*, **48**: 15-26.
- AMADOR, E.S. 1975. Estratigrafia e sedimentação na Bacia de Resende - RJ. *Anais da Academia Brasileira de Ciências (Supl.)*, **47**:181-223.
- AMADOR, E.S.; ANTUNES, R.L.; PAIXÃO, R.A. 1978. *Notas complementares sobre a estratigrafia dos depósitos cenozóicos da Bacia de Resende*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **50**(1):122-123.
- ASMUS, H.E.; FERRARI, A.L. 1978. *Hipótese sobre a causa do tectonismo cenozóico na Região Sudeste do Brasil*. In: PETROBRAS. Aspectos Estruturais da Margem Continental Leste e Sudeste do Brasil. Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP. p.75-88. (Série Projeto REMAC, 4).
- BLAIR, T.C.; MCPHERSON, J.G. 1994. Development of tectonic cycloforms in rift, pull-apart, and foreland basins: Sedimentary response to episodic tectonism. *Geology*, **16**: 517-520.
- BLAIR, T.C.; MCPHERSON, J.G. 1999. Grain-size and textural classification of coarse sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, **69**(1): 6-19.
- BLAIR, T.C.; MCPHERSON, J.G. 2009. *Processes and forms of alluvial fans*. In: PARSONS, A.J. & ABRAHAM, A.D. (eds.) *Geomorphology of Desert Environments*, 2nd ed. Springer, pp. 413- 467.
- CORDANI, U.G.; DELHAL, J. & LEDENT, D. 1973. Orogenèses superposées dans le précambrien du Brésil sud-oriental (États de Rio de Janeiro et Minas Gerais). *Revista Brasileira de Geociências*, **3**(1): 1-22.
- EARTH EXPLORER, 2014. Modelo Digital de Elevação do tipo SRTM. Disponível em: <<http://www.earthexplorer.usgs.gov>>. Acesso em: 15/03/2016.
- ESCOBAR, I.P. 1999. *Estudo Regional da Bacia de Resende com base no Método Gravimétrico*. Relatório Final, Projeto MODESTHI. CPRM, Rio de Janeiro. 26 p.

- FREITAS, E.L.; APPI, C.J. 1987. Evento de ressecção (caliche): um marco estratigráfico do Terciário das bacias de Taubaté e Resende. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 6, Rio Claro, 1987. *Anais...* Rio Claro, SBG. v.1, p.323-337.
- GARCIA, M.J.; LIMA, M.R.; MELO, M.S. 1996. Sobre a microflora fúngica terciária da Formação Itatiaia (Bacia de Resende), estado do Rio de Janeiro. In: Sessão Regular da Academia Brasileira de Ciências – Ciências da Terra – Aspectos da Paleontologia e Geologia Sedimentar, São Paulo, 1996. Programas e Resumos...IG-USP/DPE. P.19 (sessão realizada em 05/12/96).
- HASUI, Y. 1983. Sobre a ocorrência de um derrame de ankaramito na Bacia de Volta Redonda (RJ) e sua importância na datação das bacias tafrogênicas continentais do sudeste brasileiro. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo, 1983. *Bol. Resumos...* São Paulo, SBG. p.23-24.
- HASUI, Y. 2010. A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. *Geociências*, **29(2)**: 141-169.
- HOOKE, R.B. 1967. Processes on arid region alluvial fans. *Journal of Geology*, **75**: 438-460.
- IBGE. 2006. Projeto RJS 25, Levantamento aerofotogramétrico do estado do Rio de Janeiro. Escala 1:25:000. Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. www.ibge.gov.br.
- LIMA, M.R.; MELO, M.S. 1994. Palinologia de depósitos rudáceos da região de Itatiaia, Bacia de Resende - RJ. *Geonomos*, **2(1)**: 12-21.
- MELO, M.S. 1997. Sedimentos fanglomeráticos da Bacia de Resende, RJ - A Formação Itatiaia. *Geociências* (Guarulhos), **II(6)**: 33-38.
- MELO, M.S.; RICCOMINI, C.; ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. 1985. Sedimentação e tectônica da Bacia de Resende - RJ. *Anais da Academia Brasileira Ciências*, **57(4)**: 467-479.
- MIALL, A.D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided-river deposits: a conglomerate ("Bunter" Pebble Beds) in the Sherwood Sandstone Group, North Staffordshire, England. *Sedimentology*, **30**: 341-367.
- MIALL, A.D. 1985. Architectural elements analysis: a new method on facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*, **22(4)**: 261-308.
- MIALL, A.D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits*. 1 ed. Berlin. Springer-Verlag. 582 p.

- NEGRÃO, A. P. 2014. Evolução Tectonossedimentar e Deformação Rúptil Cenozoica da Região da Bacia Sedimentar de Volta Redonda (Segmento Central do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil, RJ). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. Dissertação de Mestrado, 249 p.
- PEDREIRA DA SILVA, A.J.C.L.; ARAGÃO, M.A.N.F.; MAGALHÃES, A.J. 2008. *Ambientes de Sedimentação Siliciclástica do Brasil*. São Paulo: Beca.
- RAMOS, R.R.C. 1997. *Estratigrafia da sucessão sedimentar terciária da bacia de Resende, entre Resende e Quatis (RJ), com ênfase na caracterização das litofácies, ciclicidade e paleocorrentes*. Rio de Janeiro, 208 p. (Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, UFRJ).
- RAMOS, R.R.C. 2003. *Sistemas aluviais terciários da Bacia de Resende, estado do Rio de Janeiro, Brasil: análise de fácies e revisão estratigráfica*. Rio de Janeiro. 221 p. Tese de Doutorado de Geologia – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- RAMOS, R.R.C.; MELLO, C.L.; SANSON, M.S.R. 2005. *Bacias Sedimentares Brasileiras: Bacia de Resende. Fundação Paleontológica Phoenix*, **76**: 1-6.
- RAMOS, R.R.C.; MELLO, C.L.; SANSON, M.S.R. 2006. Revisão Estratigráfica da Bacia de Resende, *Rift* Continental do Sudeste do Brasil, estado do Rio de Janeiro. *Geociências (UNESP)*, **25**: 59-69.
- REINECK, H.E.; SINGH, I.B. 1980. *Depositional Sedimentary Environments*. 2 ed. Berlin. Springer-Verlag, 551 p.
- RIBEIRO FILHO, E. 1967. Geologia e petrologia dos maciços alcalinos do Itatiaia e Passa Quatro (Sudeste do Brasil). *Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras. USP*, **302**: 5-93.
- RICCOMINI, C. 1989. *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. São Paulo, 256p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, USP).

- RICCOMINI, C.; MELO, M.S.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; MIOTO, J.A.; HASUI, Y. 1983. Sobre a ocorrência de um derrame de ankaramito na Bacia de Volta Redonda (RJ) e sua importância na datação das bacias tafrogênicas continentais do sudeste brasileiro. In: Simpósio Regional de Geologia, 4, São Paulo, 1983. *Bol. Resumos...* São Paulo, SBG. p.23-24.
- RICCOMINI, C.; SANT'ANNA, L.G.; FERRARI, A.L. 2004. Evolução geológica do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil. In: Mantesso Neto V., Bartorelli A., Carneiro C.D.R. Brito Neves B.B. (orgs.) *Geologia do Continente Americano: evolução das obras de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, p. 383-405.
- SEGIETH, F. 2006. *Brasil Excursiones & Tours – Trekking/Senderismo & Mountain Bike*. In: Brazil Adventure International. Disponível em: <<http://www.brasilviajaturismo.com/geologia/ribeira-mapa-n.htm>>. Acesso em: 07/12/2015.
- STEEL, R.J. & THOMPSON, D.B. 1983. Structures and textures in Triassic braided stream conglomerates ("Bunter" Pebble Beds) in the Sherwood Sandstone Group, North Staffordshire, England. *Sedimentology*, **30**: 341-367.
- VALENÇA, J.G.; REIS, A.P.; CARVALHO FILHO, C.A.; SOARES FILHO, J.R.S.; BRAUN, P.V.C.B. 1983. Geologia do complexo ígneo alcalino do Morro Redondo (município de Resende, estado do Rio de Janeiro). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **55**: 135-136.
- WALKER, R.G. 1992. Facies, facies models and modern stratigraphic concepts. In: WALKER, R.G. & JAMES, N.P. *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada. p. 1-14.
- WENTHWORTH, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**: 377-392.